



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO  
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

SANTTU RATILAINEN  
KERMIKATTEIDEN PITKÄAIKAISKESTÄVYYS  
Diplomityö

Tarkastaja: professori Matti Pentti  
Tarkastaja ja aihe hyväksytty  
Talouden ja rakentamisen tiedekun-  
taneuvoston kokouksessa 9. huhti-  
kuuta 2014

## TIIVISTELMÄ

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Rakennustekniikan koulutusohjelma

**RATILAINEN, SANTTU:** Kermikatteiden pitkäaikaiskestävyys

Diplomityö, 96 sivua, 32 liitesivua

Tammikuu 2015

Pääaine: Rakennesuunnittelu

Tarkastaja: professori Matti Pentti

Avainsanat: Kermi, Bitumikermi, APP-modifioitu bitumikermi, SBS-modifioitu bitumikermi, PVC-kermi, CPE-kermi, Kermikate, Pitkäaikaiskestävyys

Tässä tutkimuksessa on selvitetty kermikatteiden pitkäaikaiskestävyyttä sekä siihen vaikuttavia tekijöitä. Tutkimus on tehty kenttätutkimusten, haastattelujen sekä laboratorio-  
tutkimusten yhdistelmänä. Tutkimuskohteiksi on valittu APP-modifioidusta bitumista, SBS-modifioidusta bitumista sekä PVC-muovista valmistetuilla kermeillä katettuja loivia kattoja ympäri Suomea. Lisäksi tutkimukseen otettiin mukaan yksi CPE-muovikermikate. Osaa katoista on tutkittu kahdessa aikaisemmassa tutkimuksessa 10 ja 20 vuotta aikaisemmin, joten tutkimusten tuloksia vertaamalla saadaan selkeästi esille kermikatteiden teknisten ominaisuuksien muutokset.

Kenttätutkimusten tarkoituksena oli saada näytteet laboratoriotutkimuksia varten sekä selvittää katteiden ja katon yksityiskohtien kunto silmämääräisesti. Kenttätutkimuksissa pyrittiin myös tarkentamaan tietoa katon rakenteesta sekä kosteusteknisestä toiminnasta ja saamaan tietoa katon huoltotoimien riittävydestä. Haastattelujen avulla selvitettiin mahdolliset kattojen vauriot ja vuodot sekä käyttö-, huolto- ja korjaustoimenpiteet. Laboratoriokokeet tehtiin katoilta otetuille näytepaloille. Laboratoriokokeissa testattiin katteiden repäisylujuus, tavutettavuus matalissa lämpötiloissa, vetolujuus ja venymä huoneenlämmössä ja kylmässä sekä sauman vetolujuus. Laboratoriokokeiden tuloksia verrattiin kahden aikaisemman tutkimuksen vastaaviin tuloksiin sekä uusien vastaavien tuotteiden tuoteluokkavaatimuksiin. Lisäksi testit suoritettiin uusista kermeistä valmistetuista katteista otetuille vertailunäytteille. Tällöin voitiin verrata tutkittavien kohteiden säälle alttiina olleista näytteistä saatuja testaustuloksia uusien vastaavien katteiden testaustuloksiin. Näin saadaan tuotua esille sään ja käytön aiheuttamien rasitusten vaikutus katteiden oleellisiin teknisiin ominaisuuksiin.

Kenttätutkimusten perusteella kattojen yleiskunto oli pääsääntöisesti hyvä. Tutkimuksissa havaittiin kattojen huoltotoiminnan olevan yleisesti laadultaan ja tiheydeltään riittämätöntä. Vanhemmissa katoissa oli jonkin verran suunnitteluvirheitä, mutta niistä oli vain harvoin aiheutunut ongelmia. Haastattelujen perusteella kattovuodot olivat pääosin johtuneet käyttövirheistä tai katteen asennuksen puutteista.

Laboratoriokokeiden tulokset osoittivat, että SBS-modifioitujen bitumikermikatteiden ominaisuudet säilyvät hyvin ajan kuluessa. Yli 30 vuotta vanhojen katteiden tulokset ylittivät lähes poikkeuksetta uusille tuotteille asetettavat vaatimukset. APP-bitumikermikatteiden heikommat ominaisuudet tulivat esille huonompina kylmäominaisuuksina. PVC-kernit olivat säilyttäneet ominaisuutensa hyvin.

## ABSTRACT

TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Master's Degree Programme in Civil Engineering

**RATILAINEN, SANTTU:** Durability of roofing materials for flat roofs

Master of Science Thesis, 96 pages, 32 Appendix pages

January 2015

Major: Civil Engineering

Examiner: Professor Matti Pentti

Keywords: Membrane, APP-plastic bitumen sheet, SBS modified bitumen sheet, PVC-plastic membrane, Roofing, Durability

In this study the durability of roofing materials and the factors effecting to it were investigated. The study was carried out by combination of field investigations, interviews and laboratory tests. The chosen research subjects were flat roofs located all over Finland made of APP-plastic bitumen sheets, SBS modified bitumen sheets, PVC-plastic membranes and one CPE-plastic membrane. Some of the roofs were studied in two previous studies 10 and 20 years ago, so comparing the results of this study with the earlier results we could clearly bring out the changes in properties of the roofing.

The purpose of field investigations was to get samples for laboratory tests and to visually clarify the condition of the roofing and the details on the roof. In the field investigations we also tried to further define the details of the roof structure and the moisture physical behaviour of the roof. We also collected information about sufficiency of the maintenance of the roofs. The purpose of the interviews was to find out possible damages and leaks of the roofs and the maintenance, repairs and the usage of the roofs. The laboratory tests were carried out to those samples taken from the investigated roofs. In the laboratory tests tear strength, flexibility at low temperature, tensile strength and elongation in room and in cold temperature and shear resistance of joints were tested. The results of the laboratory tests were compared to the results of two earlier studies and the requirements of new similar products. Laboratory tests were performed also to roofings that were made of new membranes. Now we could compare the results of climate-exposed samples from the investigated roofs and new similar one's. This is how we could bring out the effects of stresses due to usage and exposure to climate conditions in the most important technical properties of roofings.

On field investigations the general conditions of the roofings were mainly good. Investigations revealed that mostly quality and frequency of the maintenance were inadequate. There were some design errors in older roofings, but only rarely they have caused problems. Based on interviews the leaks of the roofs were mainly due to installation mistakes or wrong use of the roof.

The laboratory tests revealed that SBS-modified bitumen sheets have remained their mechanical properties over time. The results of over 30-year-old SBS-bitumen roofings exceeded the requirements of new similar membranes. Worse properties of APP-modified bitumen sheets were especially found out due to worse properties in cold temperature. PVC-plastic membranes have remained their properties over time well.

## ALKUSANAT

Tämä diplomityö on tehty Tampereen teknillisen yliopiston Rakennustekniikan laitoksella. Tutkimuksen rahoittajana on Tampereen teknillisen yliopiston tukisäätiö. Tutkimuksen ohjauksessa sekä tutkimuskohteiden hankinnassa on ollut tiiviisti mukana Kattoliitto ry.

Kiitän professori Matti Penttiä työni ohjaamisesta sekä tarkastamisesta. Hänen asiantuntemuksensa ja osaamisensa olivat tarpeellisia tämän työn sujuvaan läpivientiin. Työn ohjauksesta haluan lisäksi kiittää Kattoliitto ry:n nimeämää pitkäaikaiskestävyystyöryhmää. Työryhmään kuuluivat Kattoliitto ry:n toimitusjohtaja Mikko Ahtola, Saint-Gobain Rakennustuotteet Oyn kehityspäällikkö Jussi Jokinen, Katepal Oyn rakennusinsinööri Pekka Järvinen, Kerabit Pro Oyn myyntijohtaja Janne Papula, Icopal Oyn projektipäällikkö Jyrki Närhi ja hankintapäällikkö Raija Laitonen sekä Protan Oyn aluejohtaja Jukka Saarinen. Työryhmän jäsenten vahva osaaminen sekä avulias opastus olivat työn onnistumisen edellytyksiä. Erityisesti haluan kiittää Katepal Oyn tuotekehityspäällikkö Timo Rantasta sekä laborantti Aila Kaikkosta laboratoriotestien onnistuneesta läpiviennistä. Heidän opastuksensa avulla tämän tutkimuksen pääpainopiste saatiin suoritettua onnistuneesti.

Työni aikana olen saanut tutustua monipuolisesti eri alojen ammattilaisiin sekä haastaa ja kehittää itseäni. Vuosi on ollut kiireinen, mutta kaikki tehty työ on ollut minulle opettavaista ja antoisaa monipuolisesti. Olen kiitollinen kaikille tutkimuksen osapuolille avuliaisuudesta sekä tästä hienosta mahdollisuudesta.

# SISÄLLYS

Tiivistelmä.....	ii
Abstract .....	iii
Alkusanat.....	iv
1 JOHDANTO.....	1
1.1 Tutkimuksen lähtökohdat .....	1
1.2 Aikaisemmat tutkimukset.....	1
1.3 Tutkimuksen tavoitteet .....	2
2 YLÄPOHJARAKENTEET JA KATEMATERIAALIT .....	4
2.1 Yläpohjarakenteet.....	4
2.1.1 Rakenteen tiiviys .....	4
2.1.2 Rakenteen tuuletus .....	5
2.2 Bitumikermi .....	7
2.2.1 Bitumikermien historia .....	7
2.2.2 Modifioidut bitumikermi .....	8
2.2.3 Bitumikermikate.....	9
2.3 PVC-kermi .....	11
2.3.1 PVC-kermien historia .....	11
2.3.2 PVC-kermi .....	12
2.3.3 PVC-kermikate.....	12
2.4 CPE-kermi .....	13
2.4.1 CPE-kermi.....	13
2.4.2 CPE-kermikate .....	13
3 TUTKITTAVIEN KOHTEIDEN PERUSTIEDOT.....	14
4 TUTKIMUSMENETELMÄT.....	17
4.1 Kenttätutkimukset .....	17
4.2 Haastattelut .....	18
4.3 Laboratoriokokeet .....	18
4.3.1 Näytepalat .....	18
4.3.2 Repäisylujuus .....	19
4.3.3 Taivutettavuus .....	20
4.3.4 Vetolujuus ja venymä +23 °C .....	21
4.3.5 Sauman vetolujuus .....	21
4.3.6 Vetolujuus ja venymä -20 °C .....	22
5 TUTKIMUSTULOKSET JA HAVAINNOT .....	24
5.1 Kenttätutkimukset .....	24
5.1.1 Katon yleiskunto .....	24
5.1.2 Katealusta.....	28
5.1.3 Läpiviennit .....	29
5.1.4 Räystää .....	30
5.1.5 Vedenpoisto .....	32

5.1.6	Muut katolla olevat rakenteet.....	34
5.2	Haastattelut .....	34
5.2.1	Katevuodot .....	34
5.2.2	Huoltotoimenpiteet.....	35
5.3	Laboratoriokokeet .....	37
5.3.1	Laboratoriokokeiden tulosten käsittely .....	37
5.3.2	Repäisylujuus .....	39
5.3.3	Taivutettavuus .....	44
5.3.4	Vetolujuus ja venymä +23 °C .....	46
5.3.5	Sauman vetolujuus .....	56
5.3.6	Vetolujuus ja venymä -20 °C .....	63
5.3.7	Tulosten hajonta .....	74
5.3.8	Laboratoriokokeiden yhteenveto .....	75
6	RASITUSTEKIJÄT JA NIIDEN HALLINTA.....	78
6.1	Rasitustekijät .....	78
6.1.1	Määritelmät ja jaottelu .....	78
6.1.2	Rakennuksen ulkopuoliset rasitustekijät .....	78
6.1.3	Rakennuksen sisäpuoliset rasitustekijät .....	81
6.2	Rasitustekijöiden hallinta .....	82
6.2.1	Yleistä .....	82
6.2.2	Materiaalien ominaisuudet .....	82
6.2.3	Suunnitteluratkaisut .....	83
6.2.4	Katteen asennus .....	86
6.2.5	Katon käyttö- ja huoltotoimenpiteet .....	87
7	YHTEENVETO .....	89
	LÄHTEET .....	94
	LIITTEET.....	97

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Tutkimuksen lähtökohdat

Suomessa loivien kattojen vedeneristeenä käytettävät kermi- joutuvat käyttöikänsä aikana useiden erilaisten rasitusten kohteiksi. Vesikaton toimivuuteen ja pitkäikäisyyteen vaikuttaakin oleellisesti katemateriaalin kestävyys. Materiaalien lisäksi katon toimivuuteen ja pitkäikäisyyteen vaikuttavat myös suunnitteluratkaisut sekä katteen asennus. Suomen kylmissä oloissa katemateriaaleille onkin asetettu erityisen korkeat vaatimukset.

Tässä tutkimuksessa on selvitetty kermikatteiden pitkäaikaiskestävyyttä sekä siihen vaikuttavia rasitustekijöitä. Tutkimuskohteiksi on valittu 49 vesikattoa eri puolilta Suomea aina Sodankylästä Helsinkiin. Vanhimmat tutkituista katoista on tehty 1980-luvun alussa, kun taas uusimmat katteet ovat 2000-luvulta. Katemateriaaleista mukana ovat SBS-modifioitu bitumikermi, APP-modifioitu bitumikermi, PVC-muovikermi sekä CPE-muovikermi. Tutkimukset toteutetaan haastatteluin, kenttätutkimuksin sekä laboratoriokokein. Kaikista kohteista otetaan alkuperäisestä katteesta näytepalat, joita tutkitaan laboratoriossa. Tutkimusten tuloksia verrataan kahden aikaisemman tutkimuksen tuloksiin, jolloin saadaan selkeästi esille katemateriaalien ominaisuuksien muutokset iän myötä.

## 1.2 Aikaisemmat tutkimukset

Kattohuopayhdistys ry teki yhteistyössä VTT:n kanssa tutkimuksen Rautiainen, L. 1988, Selvitys kumibitumikermikatteiden kestävydestä, VTT [12]. Tutkimuksessa oli mukana 50 kumibitumikermikattoa, jotka olivat tuolloin 5-10 vuotta vanhoja. Kattojen tarkastus suoritettiin silmämääräisesti. Lisäksi viidestä katteesta otettiin näytepalat laboratoriotutkimuksia varten. Tutkimuksen tuloksista ilmeni, että käytettäessä kumibitumikermejä vesikatteen käyttöikä pitenee verrattuna tavanomaisiin bitumikermeihin. Kumibitumikermejä käytettäessä pienten suunnittelu- ja työvirheiden vaikutus pienenee ja liikuntasauvojen tarve vähenee.

Kattoliitto ja VTT selvittivät 32 bitumikermikaton kunnon tutkimuksessa Rantamäki, J. 1995, Modifioitujen kermikatteiden pitkäaikaiskestävyys, VTT [10] ja [11]. Tutkittavien katteiden vedeneristysmateriaalit olivat SBS-kumibitumikermejä ja APP-muovibitumikermejä. Kermien keski-ikä oli 11 vuotta. Tutkimuksen perusteella modifioitujen bitumikermien arvioitiin toimivan Suomen vaihtelevissa olosuhteissa varsin hyvin, ja niiden keski-ikä tulee suurella todennäköisyydellä ylittämään huomattavasti puhalletuilla bitumikermeillä tehtyjen katteiden keski-ään. Nyt tehtävä tutkimus pohjautuu

kyseiseen tutkimukseen. Nyt tarkoitus on pääosin uusia tutkimus laboratoriotutkimusten osalta ja verrata niiden tuloksia keskenään. Tässä tutkimuksessa on mukana 25 samaa kattoa, jotka tutkittiin vuonna 1995.

Kattoliitto ja Tampereen Teknillinen Yliopisto tutkivat 42 kermikattoa tutkimuksessa Jokinen, J. 2005, Kermikatteiden pitkäaikaiskestävyys, Diplomityö [24]. Tutkimuksen näytteidenotto ja laboratoriokokeet tehtiin vuoden 2004 aikana. Tutkittavia materiaaleja olivat SBS-kumibitumikermi (keski-ikä 21 vuotta), APP-muovibitumikermi (keski-ikä 17 vuotta) sekä PVC-muovikermi (keski-ikä 13 vuotta). Keski-ikä on tässä bitumikermien osalta vain niistä kohteista, jotka olivat mukana vuoden 1995 tutkimuksessa. Vuoden 2005 tutkimuksessa on ensimmäistä kertaa mukana myös PVC-muovikermi. Vuoden 2005 tutkimuksessa laboratoriokokeiden tuloksia verrattiin vuoden 1995 laboratoriotutkimusten tuloksiin. Vuoden 1995 tutkimuksen tuloksiin verrattuna tuloksissa oli pientä alenemista repäisylujuuden osalta. Tutkimuksen perusteella kumibitumikermi olivat säilyttäneet oleelliset mekaaniset ominaisuutensa yli 20 vuoden ikäisinä lähes poikkeuksetta parempina kuin tuoteluokkavaatimukset. Johtopäätöksenä todettiin, että kumibitumikermikatteiden mekaanisten ominaisuuksien muuttuminen iän myötä on erittäin vähäistä. Tulosten perusteella APP-muovibitumikermikatteiden ominaisuudet olivat selvästi heikompia kuin SBS-kumibitumikermikatteiden. Tutkimuksen perusteella katon pitkäaikaiskestävyyteen eniten vaikuttavat tekijät ovat katon vedenpoiston toimivuus sekä säännöllinen huolto. Nyt tehtävä tutkimus perustuu myös vuoden 2005 tutkimukseen. Tämä tutkimus toteutettiin mahdollisuuksien mukaan kaikille vuoden 2005 tutkimuksen kohteille. Nyt tehtävässä tutkimuksessa uusitaan mahdollisuuksien mukaan vuoden 2005 tutkimuksen laboratoriotutkimukset ja verrataan tuloksia keskenään. Osa katoista on poistunut, mutta niiden tilalle on valittu uudempia kattoja. Tutkimuksen kohteina oli siis 37 kattoa. Tarkoituksena on, että tutkimus toistettaisiin jatkossakin noin 10 vuoden välein siten, että kussakin tutkimuksessa olisi mukana noin 40 kattoa. Tämä antaa hyvän kuvan kermikatteiden pitkäaikaiskestävyydestä ja tuotteiden kehittymisestä eri vuosikymmeninä.

### 1.3 Tutkimuksen tavoitteet

Tutkimuksen päätavoitteena oli tutkia aikaisemmin tutkittujen kattojen kunto sekä katemateriaalien ominaisuuksien muutoksia iän myötä. Tutkimuksen tarkoituksena oli myös selvittää ominaisuuksien muutoksiin johtaneet syyt. Aikaisemmin tutkittujen kattojen lisäksi tutkittiin myös uudempia kumibitumikermikattoja. Uudempien kumibitumikermikatteiden laboratoriokokeiden tuloksia verrattiin vanhempien kattojen laboratoriokokeiden tuloksiin. Bitumikermikatteiden lisäksi tutkittiin PVC-muovikermikattoja sekä yksi kappale CPE-muovikermikatto. Myös PVC-muovikermikatteiden tutkimustuloksia verrattiin aikaisempien tutkimusten tuloksiin. CPE-muovikermikattoja ei ole tutkittu aikaisemmissa tutkimuksissa. Vertaamalla aikaisempien tutkimusten tuloksia nyt saataviin tuloksiin voitiin saada esille materiaalien ominaisuuksien muutokset iän myötä.



Tutkimuksen pääpaino oli laboratoriokokeissa ja materiaaliominaisuuksien muutoksissa, mutta tarkoituksena oli tutkia myös suunnitteluratkaisujen ja urakointimenetelmien vaikutuksia katon käyttöikään. Lisäksi tutkittiin kattojen huollon laatua ja tiheyttä sekä säännöllisyyttä, ja pyrittiin saamaan selville kattojen huoltotoimenpiteiden puutteellisuuden yleisyyttä sekä sitä, mitkä ovat niiden vaikutukset kattojen käyttöikään.

Tutkimuksen tulosten avulla selvitettiin kermikatteiden pitkäaikaiskestävyyteen vaikuttavia tekijöitä. Näiden tietojen avulla voidaan saada tietoa korkealaatuisten vedeneristysmateriaalien kehittämiseen sekä toimivien ja pitkäikäisten kattojen suunnitteluun ja urakointiin. Lisätieto kattojen toiminnasta ja materiaalien ominaisuuksista ja niiden muutoksista voi antaa apua katemateriaalien kehitystyöhön ja tätä kautta lisätä kattojen käyttöikää. Tutkimuksen yhtenä päätavoitteena onkin parantaa rakentamisen laatua kattojen osalta.

## 2 YLÄPOHJARAKENTEET JA KATEMATERIAALIT

### 2.1 Yläpohjarakenteet

Yläpohjarakenne muodostuu yleensä kantavasta rakenteesta, ilman- ja höyrynsulusta, lämmöneristyksestä, tuuletusraosta sekä vedeneristyksestä [6]. Seuraavissa kappaleissa kerrotaan loivien kattojen yläpohjarakenteiden oleellisimmista asioista.

#### 2.1.1 Rakenteen tiiviys

Yläpohjarakenteessa käytetään ilmansulkua estämään ilman liikettä yläpohjan sisällä [6]. Ilman liike on yläpohjalle haitallista konvektiivisen lämmön ja kosteuden siirron vuoksi. Ilma voi liikkua yläpohjarakenteissa ilmanpaine-erojen seurauksena, joita voivat aiheuttaa lämpötilaerot, tuulen paine tai ilmanvaihto. Ilman liike on mahdollista vain huokoisten materiaalien läpi tai tiiviissä materiaaleissa olevien epäjatkuvuuskohtien, kuten tiivistämättömien läpivientien, saumojen, reikien ja rakojen kautta. Ilmavuotojen estämiseksi rakenteen lämpimällä puolella on oltava yhtenäinen ja ilmatiivis ilmansulkukerros. Rakennuksen sisäpuolinen alipaine verrattuna ulkopuoliseen paineeseen vähentää sisältä ulospäin suuntautuvien ilmavuotojen riskiä.

Yläpohjarakenteessa käytetään höyrynsulkua estämään vesihöyryn liikettä yläpohjan sisällä tai sen läpi [6]. Vesihöyry voi liikkua ilman mukana tai diffuusion avulla suuremman vesihöyrypitoisuuden suunnasta pienemmän vesihöyrypitoisuuden (vesihöyryn osapaineen) suuntaan [14]. Liikkuvan ilman mukana kulkeutuu kuitenkin merkittävästi enemmän kosteutta kuin diffuusion avulla. Rakennuksen sisällä vesihöyrypitoisuus on lähes poikkeuksetta korkeampi kuin ulkoilman vesihöyrypitoisuus. Yläpohjarakenteessa sisältä lämpimästä kulkeutunut kosteus voi tiivistyä vedeneristuksen kylmään alapintaan, ja valua takaisin sisätiloihin vetenä. Tällöin usein virheellisesti luullaan, että katteessa olisi vuoto. Kylminä aikoina tiivistynyt kosteus jäätyy, ja voi aiheuttaa rasituksia tai vaurioita katteeseen. Tiivistynyt kosteus voi myös aiheuttaa yläpohjassa materiaalien turmeltumista sekä lämmöneristysmateriaalien lämmöneristävyysalenevasta. Ilman ja vesihöyryn kulkeutumisen sisätilasta yläpohjaan voidaan estää ilman- ja höyrynsulun avulla. Ilman- ja höyrynsulku voidaan toteuttaa yhdellä materiaalikerroksella, joka voi olla esimerkiksi bitumikermi tai PE-muovikalvo. Ilman- ja höyrynsulkumateriaalin valintaan vaikuttaa monet seikat, kuten sisätilojen kosteustuotto, rakennusaikainen kosteus sekä kosteuden poistuminen rakenteesta. Ilman- ja höyrynsulun toiminnan kannalta on erittäin tärkeää, että höyrynsulun läpiviennit ja saumat tiivistetään huolellisesti. Ilman- ja höyrynsulkumateriaalin valinnassa on myös huomioitava rakenteiden muodonmuu-

tokset ja niistä aiheutuvat rasitukset ilman- ja höyrynsulkukerrokselle ja sen saumoille. Loivien kattojen saumojen ja läpivientien mahdollisten teippausten kiinnipysymisestä muovikalvoissa ei ole mitään takeita. Tästä syystä onkin järkevää valita ilman- ja höyrynsulkumateriaaliksi bitumikermi.

### 2.1.2 Rakenteen tuuletus

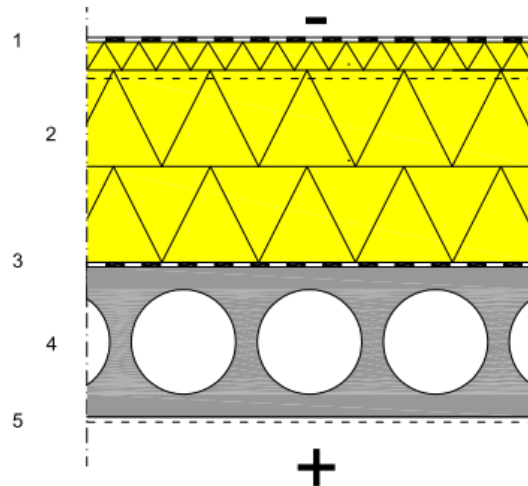
Yläpohjarakenteen rakennusaikainen kosteus ja käytön aikana kertyvä kosteus poistetaan yläpohjasta tuuletuksen avulla. Hyväkään tuuletus ei kuitenkaan voi korvata tiivistä ja oikein asennettua ilman- ja höyrynsulkua [14]. Loivien kattojen yläpohjarakenteet jaotellaan niiden tuuletuksen järjestelyn mukaan suljettuihin rakenteisiin, tuulettuviin umpirakenteisiin ja tuulettuviin rakenteisiin.

#### *Suljetut rakenteet*

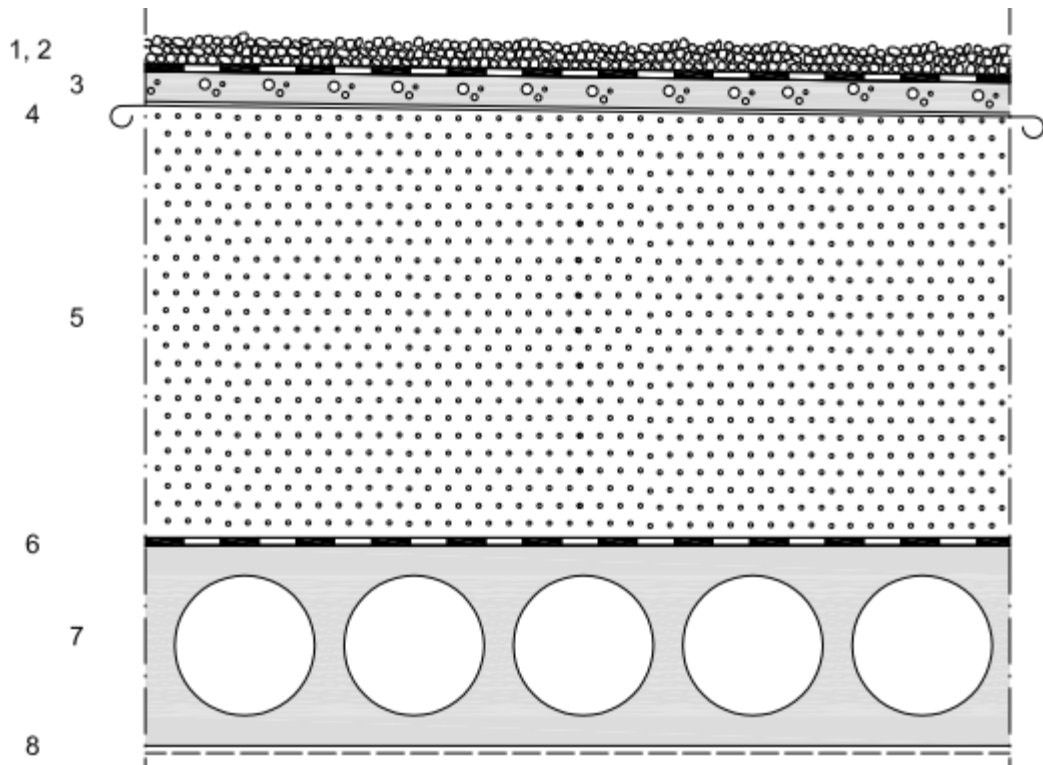
Suljetuissa rakenteissa lämmöneristyskerros on suljettuna alapuolelta höyrynsulun ja yläpuolelta vedeneristeen väliin. Rakenne voi olla räystäältä avoin, mutta rakennetta ei silti ole suunniteltu tuulettuvaksi. Rakenteeseen mahdollisesti pääsevän kosteuden kuivuminen on todella hidasta. Tästä syystä rakenteen alapinnassa olevan höyrynsulun on oltava tiivis ja estää kosteuden pääsy lämmöneristeisiin tehokkaasti. Suljettu rakenne on samanlainen kuin kuvassa 2.1 esitetty tuulettu umpirakenne, mutta lämmöneristeessä ei ole tuuletusuritus eikä katolla ole alipainetuulettimia.

#### *Tuulettut umpirakenteet*

Tuulettuissa umpirakenteissa lämmöneriste on suljettuna alapuolelta höyrynsulun ja yläpuolelta vedeneristeen väliin, mutta tässä tapauksessa vedeneristeen alapuolelle järjestetään tuuletus. Lämmöneristeen ylimmän eristelevyn alapintaan tai sen alapuolella olevan levyn yläpintaan tehdään tuuletusuritus. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää kevytsorakattoa, mutta tällöin lämmöneristyskyky jää usein huonoksi kevytsoran suuren ilmanläpäisevyyden vuoksi. Tuuletusurituksen tulee suuntautua räystäältä harjalle yhtenäisenä, ja harjalle on järjestettävä kokoojaura sekä tuuletusilman poisto (yleensä alipainetuulettimilla). Räystäälle tehdään riittävän suuri yhtenäinen tuuletusrako, joka pysyy avoimena myös pitkäaikaisen käytön aikana. Suomessa käytetään tuulettuvia umpirakenteita suljettujen rakenteiden sijasta, koska ne ovat vähemmän riskialttiita. Tuulettuvan umpirakenteen toiminnan kannalta on ensiarvoisen tärkeää, että höyrynsulku on ehdottoman tiivis [6]. Tuulettuva umpirakenne on esitetty kuvassa 2.1 ja kevytsorakaton rakenne kuvassa 2.2.



Kuva 2.1. Tuuletettu umpirakenne, jossa tuuletus on toteutettu uritetulla lämmöneristelevyllä. Uritus voi olla myös päällimmäisen lämmöneristelevyn alapinnassa. Suljettu umpirakenne on vastaava kuin kuvassa, mutta ilman tuuletusuritusta lämmöneristeessä. Kuva: KerabitPro Oy

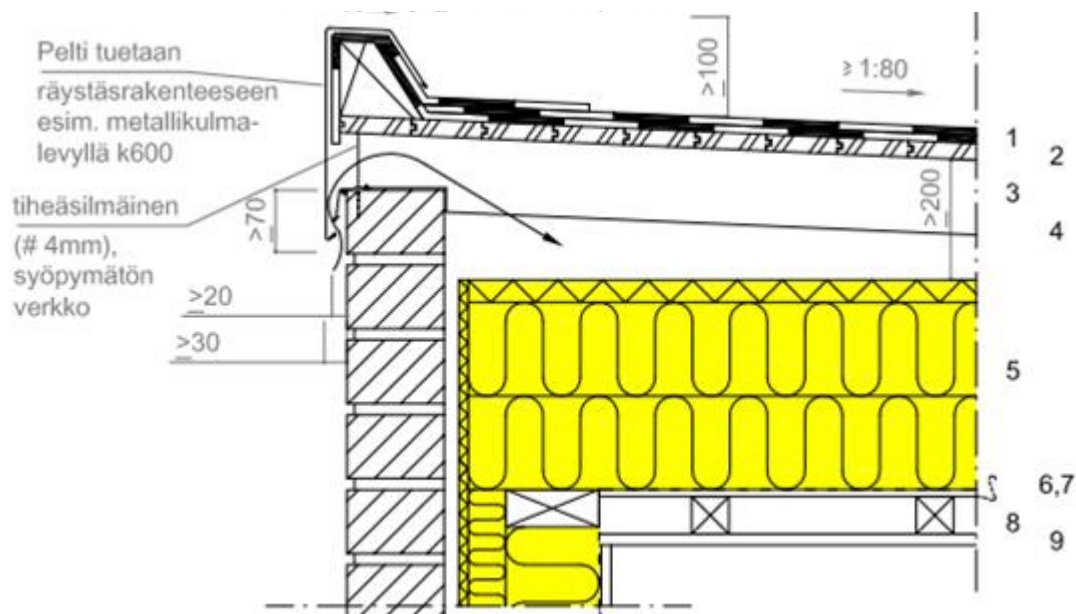


Kuva 2.2. Tuulettuva umpirakenne, lämmöneristeinä kevytsora. Vedeneristyksen alustana käytetään betonilaattaa (kuvassa) tai ladottuja kevytsorabetonilaattoja. Kuvassa vedeneristyksen päällä on singeliä. Kuva: KerabitPro Oy

### *Tuuletetut rakenteet*

Tuulettussa rakenteessa on oltava erillinen ja yhtenäinen tuuletusväli. Tuulettuminen järjestetään räystäällä olevien tuuletusrakojen tai korvausilma-aukkojen avulla. Tuulettuva rakenne tehdään ilmatiiviiksi sisätiloista tapahtuvien ilma- ja kosteusvuotojen es-

tämiseksi [6]. Kuvassa 2.3 on räystääleikkaus tuulettuvasta yläpohjarakenteesta. Yläpohjarakenteiden tuuletus mitoitetaan toimivaksi termisen eli lämpötilaeroista johtuvan paine-eron avulla. Ilman poistokohdat tulee sijoittaa katon korkeimmille kohdille, kun taas korvausilma-aukot sijoitetaan matalimmille kohdille. Tällöin katon tuuletus on mahdollisimman tehokasta. Tuulen paineen aiheuttamaa tuuletuksen tehostumista ei voi ottaa huomioon tuuletusraon mitoituksessa. Yleisesti ottaen tuuletusmatkan ei pitäisi olla yli 10 m. Myöskään mutkia tai ilmavirtauksia haittaavia esteitä ei pitäisi olla tuuletusvälissä [14]. Näissä tapauksissa tarvitaan erityistoimenpiteitä tuuletuksen parantamiseksi.



Kuva 2.3. Tuulettuvan yläpohjarakenteen räystääsdetallji. Kuva: KerabitPro Oy.

## 2.2 Bitumikermi

### 2.2.1 Bitumikermien historia

Bitumikermien ensimmäisiä versioita olivat tervaan kastetut paperit, joita käytettiin 1700-luvulla laivojen sisäpuoliseen vedeneristämiseen. Suomessa tehtiin vuonna 1820 ensimmäinen paperikatto, ja samalta aikakaudelta on löydetty jäänteitä katosta, jossa oli käytetty tervalla kyllästettyjä paperiarkkeja. Hieman myöhemmin 1800-luvun puolivälissä maahan tuotiin asfalttitervastasta valmistettuja kattuhuopia, ja noin 1870-luvulla niiden käyttö yleistyi. Kattuhuopa valmistettiin rullatavarana villalumpusta ja kyllästettiin asfalttitervallalla, joka sisälsi grafiittia, kalkkia ja kivihiilitervaa.

Ensimmäinen suomalainen tehdas aloitti tervahuovan valmistuksen vuonna 1876 ja bitumihuovan valmistus Suomessa alkoi vuonna 1908. Vuonna 1915 tehtiin ensimmäinen tasakatto, ja sen katteena oli useakerroksinen huopa. Katteen päälle levitettiin 10 – 15 cm soraa ja turvetta.

Bitumihuopien tukikerroksena käytettiin 1900-luvun puolivälissä ns. lumppuhuopaa tai juuttimattoa. Lasikuitutukikerroksia alettiin käyttää 1960-luvulla. Huopien ve-

deneristysmateriaalina käytettiin aina 1970-luvulle saakka puhallettua bitumia. 1970-luvulla bitumiin alettiin lisätä aineita, jotka paransivat vedeneristysmateriaalin ominaisuuksia huomattavasti. Samoihin aikoihin alettiin käyttää lujia, mutta myös joustavia tukikerroksia, jolloin tuotteiden venymäominaisuudet paranivat huomattavasti. Nämä saivat alkuun kehityksen, jonka seurauksena siirryttiin bitumihuovista modifioituihin bitumikermeihin, joiden käyttö Suomessa yleistyi 1980-luvun aikana. [24]

## 2.2.2 Modifioidut bitumikermit

Modifioitu bitumi on massaa, joka sisältää bitumia ja sen tiettyjä ominaisuuksia parantavia lisäaineita. Yleisimpiä modifioituja bitumeja ovat SBS (styreeni-butadieeni-styreeni)–kumibitumi ja APP (ataktinen polypropeeni)–muovibitumi [14]. Lisäaineena käytettävät polymeerit parantavat muun muassa bitumin venymää, kylmäominaisuuksia ja taivutettavuutta alhaisissa lämpötiloissa. APP-muovibitumin on todettu kestävän hyvin lämpimissä olosuhteissa, mutta kylmissä olosuhteissa niiden venymäominaisuudet eivät ole yhtä hyvät kuin SBS-kumibitumin. Merkittävin ero massoilla on, että kumibitumi on elastista eli sen muodonmuutos palautuu osittain tai kokonaan, mutta muovibitumi on plastista eli sen muodonmuutokset ovat pysyviä. Suomessa valmistettavat bitumikermit ovat nykyisin SBS-kumibitumikermejä. Lisäksi SBS-kumibitumikermeissä käytetään täyteainetta, tavallisesti kalkkikivifilleriä. Sen tehtävä on hidastaa sään vaikutusta tuotteeseen ja parantaa palo-ominaisuuksia [26].

Kumibitumikermit koostuvat tukikerroksesta, sen molemmiin puolin olevasta kumibitumisesta vedeneristysmassasta, kermin pinnoituksista ja mahdollisesta kiinnitysbitumista kermin käyttötarkoituksen mukaisesti. Tukikerroksena käytetään polyesteri- tai lasikuituhuopaa tai niiden yhdistelmiä. Lasikuitutukikerroksella on kermien tuotantoa ja mittapysyvyyttä ajatellen paremmat ominaisuudet kuin polyesteritukikerroksella. Polyesteritukikerroksella on puolestaan paremmat venymäominaisuudet. Lisäksi polyesteritukikerros kestää paremmin väsytystä kuin lasikuitutukikerros. Kumibitumikermin, jonka tukikerroksena on polyesterihuopa, venymävaatimus on 30 %, kun lasikuituhuovallisen vastaavan kermin venymävaatimus on vain 2 % [14]. Tukikerroksessa voi olla lisäksi verkko- tai lankavahvistuksia.

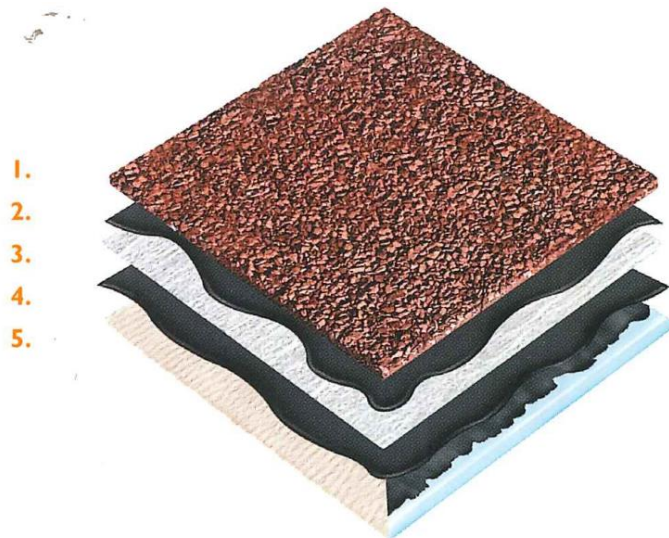
Pintakermi on katteen päällimmäisenä kerroksena käytettävä, ulkoisten rasitusten vaikutuksille alttiiksi jäävä kermi. Pintakermin pinta päällystetään liuskekivisiroteella, joka suojaa eristysmassaa ulkoisilta rasituksilta. Lisäksi liuskekivisirote antaa kermille mekaanisen suojan, vaikuttaa palo-ominaisuuksiin, tekee pinnasta vähemmän liukkaan ja antaa kermille halutun värin. Nykyisin bitumikermejä onkin saatavana hyvin monissa eri väreissä. Pintakermissä voi olla myös metallipinnoite, joka vaikuttaa katteen palo-ominaisuuksiin. [6]

Aluskermi on katteen ja vedeneristyksen alimpana kerroksena käytettävä kermi. Aluskermi eroaa pintakermistä pääosin siten, että sen yläpinnassa ei ole liuskekivisirotetta, vaan useimmiten hiekkasirote.

Hitsattava bitumikermi on tuote, johon on valmistusvaiheessa lisätty kiinnittämiseen tarvittava bitumi. Se kuumennetaan kiinnitettäessä sulaksi liekillä, kuumalla ilmalla tai

muulla tavoin lämmittämällä. Hitsausbitumi voi olla modifioitua tai puhallettua bitumia. Kiinnitysbitumia voi olla kauttaaltaan, raitoina tai pisteinä kerrin käyttötarkoituksen mukaisesti. Kiinnitysbitumin pinta päällystetään valmistusvaiheessa tartunnan estävällä ohuella muovikalvolla, joka sulatetaan kermiä kiinnitettäessä.

Liimattavien kermien pinnat suojataan valmistusvaiheessa hienolla hiekalla, mikä estää kermien tarttumisen kiinni valmistuslaitteistoon ja mahdollistaa kermien pakkaamisen rullaan. Liimattavissa tuotteissa on alapinnassa pelkästään tartuntaa estävä ohut hiekkakerros. Kuvassa 2.4 on esitetty bitumikerrin rakenne ja kerrin eri osien tehtävät.



### Kerrin jokaisella kerroksella on oma tehtävänsä:

#### 1. Liuskekivisirote

- suojaa kermiä kulutukselta ja UV-säteilyltä
- antaa värin ja maisemaan sopivan ilmeen
- lisää paloturvallisuutta
- vähentää katteen liukkausta; parantaa työ- ja huoltoturvallisuutta

#### 2. Kumibitumi

- ensimmäinen vedeneristyskerros
- antaa kermille joustavuutta ja venyvyyttä

#### 3. Tukikerros

- kerrin runko
- tuo repäisy- ja puhkaisulujuutta
- antaa mekaanista kestävyyttä

#### 4. Kumibitumi

- toinen vedeneristyskerros
- antaa kermille joustavuutta ja venyvyyttä

#### 5. Kiinnityspinta

- liimattavassa kermessä yleensä suojahiekka
- hitsattavassa kermessä kiinnitysbitumi
- itseliimautuvassa kermessä liimaraita + suojamuovi

Kuva 2.4. Bitumikerrin rakenne. Kuva: KerabitPro Oy.

### 2.2.3 Bitumikermikate

Bitumikermiä jaotellaan Suomessa vaatimusten mukaan neljään eri tuoteluokkaan. Katteen rakenne valitaan käyttöluokkien mukaan, jotka määräytyvät katon vähimmäiskaltevuuden mukaan. Jokaisessa käyttöluokassa on ilmoitettu, minkä tuoteluokan kermi yhdistelmiä niiden vedeneristykseenä voidaan käyttää. Taulukossa 2.1 on esitetty kumibitumikermikatteiden rakenne katon käyttöluokan mukaan. [14]

Taulukko 2.1. Kumibitumikermien rakenne katon käyttöluokan mukaan [6].

Katerakenne	VE40 (1:40)	VE80 (1:80)	VE80R (1:80)
TL1	X		
TL 3 + TL 2	X		
TL 2 + TL 2	X	X	
TL 2 + TL 1	X	X	
TL 2 + TL 2 + TL 2	X	X	X
TL 2 + TL 2 + TL 1	X	X	X

Tuoteluokan 1 bitumikermeistä voidaan tehdä yksikerroskatteita minimikaltevuudella 1:40. Tuoteluokat on määritelty lähteessä [14]. Muuten bitumikermeistä tehdään pääasiassa kaksi- tai komikerroskatteita. Yleensä pintakermiä suositellaan käytettäväksi kermiä, jolla on pienempi tuoteluokkanumero (eli korkeammat vaatimukset). Suomessa tällä hetkellä yleisin uusien kattojen rakentamisessa käytettävä kermiyhdistelmä on K-MS 170/3000 + K-PS 170/5000 (TL 2 + TL 2). Merkintä K-MS 170/3000 tarkoittaa aluskermiä käytettävää kumibitumikermiä, jonka tukikerroksena on käytetty polyestერიhuopaa  $170 \text{ g/m}^2$ , ja joka neliöpaino on  $3000 \text{ g/m}^2$ . K-PS 170/5000 tarkoittaa vastaavaa pintakermiä, jonka neliöpaino on  $3000 \text{ g/m}^2$ . Kermien merkinnöistä on kerrottu kappaleessa 5.3 sekä liitteessä 1. Lisää tietoa kermeissä käytettävistä merkinnöistä on lähteessä [21]. Bitumikermien määritelmät ja vaatimukset esitetään standardeissa SFS 5010 sekä EN 13707:2013. Tässä tutkimuksessa käytetyistä tutkimusmenetelmistä on kerrottu kappaleessa 4.

Loivilla katoilla käytettävien bitumikermien kiinnitystavat ovat kuumabitumiliimaus, hitsaus ja mekaaninen kiinnitys. Bitumiliimauksessa käytetään joko puhallettua bitumia tai modifioitua bitumia eli kumibitumia. Kumibitumilla saavutetaan parempi tartunta alustaan ja lisäksi sen venymä- ja kylmäominaisuudet ovat paremmat kuin puhalletulla bitumilla. Kuumabitumilla liimaaminen on työteknisesti vaativampaa, koska se on herkkä ylikuumenemiselle ja vaatii parempia työvälineitä sekä niiden jatkuvaa kalibrointia. Puhalletulla bitumilla liimaamisen on todettu olevan riittävä kermien kiinnityspysymisen kannalta, joten katoilla kermejä liimattaessa käytetään pääasiassa puhallettua bitumia. Hitsattavat kermiä kiinnitetään kuumentamalla liekillä alapinnassa oleva kiinnitysbittumini, joka on yleensä kumibitumia. Mekaaninen kiinnitys tehdään aluskermiä saumakohdasta alemman kermiä läpi. Jos mekaaninen kiinnitys tehdään muualta kuin saumakohdasta, kiinnikkeen päälle laitetaan ylimääräinen pala bitumikermiä paikaksi. [6]

Aluskermiä kiinnitystapa riippuu katealustasta. Puualustalle kiinnitys tehdään yleensä piste- ja saumaliimaten sekä lisäksi mekaanisesti kiinnittäen. Paloturvallisuussyistä liimaus on suositeltavampi kiinnitystapa kuin hitsaus [6]. Betonialustaan kermiä kiinnitetään bitumiliimauksella tai hitsauksella joko kauttaaltaan tai osittain ja tarvittaessa lisäksi mekaanisesti. Lämmöneristelevyalustaan aluskermiä kiinnitetään mekaanisesti lämmöneristelevyjen läpi kantavaan rakenteeseen ja lisäksi kauttaaltaan bitumilla liimaten.



Pintakermi kiinnitetään aluskermiin kauttaaltaan joko hitsaamalla tai liimaamalla. Hitsaaminen on 1990-luvun alusta lähtien syrjäyttänyt liimaamista ja on nykyään selvästi yleisempi kiinnitystapa. Kuvassa 2.5 on esitetty bitumikermiä hitsausta.



Kuva 2.5. Bitumikermiä kiinnitys hitsaamalla. Kermiä alapinnassa oleva kiinnitysbitumi ja mahdollinen suojamuovikalvo sulatetaan nestekaasupolttimella.

Pintakermiä päällä voidaan käyttää suojakiveystä eli singeliä, jolloin katteesta tai sen osasta saadaan paloturvallisempi. Lisäksi singeli suojaa kermiä ulkoisilta rasitustekijöiltä, kuten mekaanisilta iskuilta, UV-säteilyltä, lämpötilanvaihteluilta sekä lumen ja jään liikkeiltä. Singelin avulla voidaan parantaa katteen kiinnipysymistä, mikäli ei voida käyttää mekaanista kiinnitystä. Singelin käyttäminen lisää rakenteen kuormitusta ja vaikeuttaa katteeseen syntyneiden vaurioiden havainnointia sekä huoltotoiden suoritusta. Lisäksi se roskaantuu ja sammaloituu helposti ja lisää katon huoltotarvetta rakennuspai- kasta riippuen. [6]

## 2.3 PVC-kermit

### 2.3.1 PVC-kermien historia

Muovisia katemateriaaleja alettiin valmistaa 1960-luvulla. Muovista oli jo aikaisemmin valmistettu vedeneristystuotteita lämpimiin sisätiloihin, kuten lattianpäällysteitä kylpyhuoneisiin. Muovin käyttö ulkona oli uutta, sillä luultiin, että auringonvalo hajottaisi keinotekoiset aineet. Lisäksi muoveihin liittyi kutistumisongelmia, jotka johtuivat muoveissa käytettävien pehennysaineiden haihtumisesta. Tuotteista saatiin ulkokäyttöön soveltuvia käyttämällä vahvempaa tukikerrosta sekä erilaisia pehmittimiä ja stabilisattoreita. 1970-luvun vaihteessa Norjassa tehtiin pohjoismaiden ensimmäinen PVC-kermikatto, ja materiaalin käyttö yleistyi 1970-luvun puolestavälistä lähtien myös Suomessa [5].

### 2.3.2 PVC-kermit

PVC-kermit koostuvat tukikerroksesta ja sen molemminpuolisesta vedeneristysmassasta. Vedeneristysmassa on polyvinyylikloridia, johon on lisätty pehmittimiä ja muita kermien ominaisuuksia parantavia aineita [27]. Pehmittimien ansiosta katteesta tulee joustava ja paremmin lämpimiä sekä kylmiä olosuhteita kestävä. Kermien pintaan tehdään valmistusvaiheessa liukuestekuviointi, mikä parantaa myös kermien ulkonäköä. PVC-kermien tukikerroksena käytetään joko polyesterikudosta tai lasikuituhuopaa. Katoilla käytettävien kermien paksuus on pääosin 1,2 mm, mutta myös paksumpia tuotteita valmistetaan.

### 2.3.3 PVC-kermikate

PVC-kermeistä tehtävät katteet ovat yksikerroskatteita. Katoille vedeneristykset tehdään pääasiassa kermeistä, joiden tukikerroksena on käytetty polyesterikudosta. Kate kiinnitetään katealustaan tai kantavaan rakenteeseen mekaanisesti. Kermien saumat tiivistetään kuumalla ilmalla hitsaamalla siten, että kiinnikkeet jäävät saumalimityksessä kermien alle. Saumauksessa käytetään joko automaattista tai käsikäyttöistä kuumailmalaitetta. Mikäli alusta ei ole yhteensopiva katemateriaalin kanssa, kuten vanha bitumikate, alustan ja katteen välissä on käytettävä erillistä laakerointikerrosta, joka voi olla esimerkiksi suodatinkangas tai ohut kova mineraalivilla. Suodatinkangas voi olla myös valmiina kiinni kermissä, jolloin erillistä laakerointikerrosta ei tarvita. Kuvassa 2.6 on esimerkki PVC-kermikatteen saumojen tiivistämisestä kuumailmapuhaltimella.



Kuva 2.6. PVC-kermin hitsausta käsikäyttöisellä kuumailmapuhaltimella.

PVC-kermikatteen hankalat yksityiskohdat tehdään kermistä, jonka tukikerroksena on lasikuitukudos. Se mukautuu yksityiskohtien tekemiseen paremmin kuin polyesterikudoksellinen kermi. Yksityiskohtien hitsauksessa käytetään käsikäyttöistä kuumailma-

laitetta. Myös katteen liimattavat kohdat tehdään lasikuituvahvisteisista kermeistä. Katteen nurkkakohdat viimeistellään erillisillä nurkkakappaleilla, jotka ovat joko tehdasvalmisteisia tai paikalla tehtyjä. Lasikuitutukikerroksellisia tuotteita käytetään myös katteissa, joissa kate on irrallaan singelillä päällystettynä. [24]

Reunanostoissa kermi ankkuroidaan teräskiskojen avulla ylösnoston taitteeseen eli holkkaan ja yläreunasta nosto kiinnitetään mekaanisesti. Korkeat ylösnostot on kiinnitettävä myös väliltä, mikä tehdään kermien takapuolelle hitsattujen fläppien avulla.

PVC-kermien asentaminen irralleen ilmatiiviin alustan päälle on myös mahdollista. Tällöin katon reuna-alueelle ja tarvittaessa muualle sijoitetaan venttiilejä, jotka tuuliselä ilmalla muodostavat katteen ja alustan väliin alipaineen, jonka avulla kate pysyy paikallaan. Alipainekatossa katealustan lisäksi katteen reunojen, kaikkien läpivientien ja ylösnostojen tulee olla ilmatiiviitä, jotta rakenne on toimiva. [22]

## **2.4 CPE-kermi**

### **2.4.1 CPE-kermi**

CPE-kermi koostuvat tukikerroksesta sekä sen molemmiin puolin olevasta vedeneristysmassasta. Vedeneristysmassa on kloorattua polyeteeniä (CPE tai PE-C), johon on lisätty pehmittimiä ja muita kermien ominaisuuksia parantavia aineita. CPE-kermien tukikerroksena käytetään polyesterikudosta. CPE-kermejä ei valmisteta Suomessa. CPE-kermien käyttö Suomessa on lopetettu 1990-luvulla. CPE-kermien paksuus on pääsääntöisesti 1,2 mm, mutta myös paksumpia kermejä on saatavilla. CPE-kermeille vahingollisia aineita ovat PVC-pehmitin, aromaattiset liuottimet, lakat, tärpätti, bensiini, typpihappo ja polttoaineet. CPE-kermi kestävät kosketuksissa bitumin ja bitumikermien kanssa. [27] ja [28].

### **2.4.2 CPE-kermikate**

CPE-kermeistä tehtävät katteet ovat yksikerroskatteita. Kate kiinnitetään alustaan tai kantavaan rakenteeseen mekaanisesti. Kermien saumat voidaan hitsata kuumalla ilmalla tai liuottimen (tetrahydrofuraanin) avulla. Yleisimmin saumauksessa käytetään joko käsikäyttöistä tai automaattista kuumailmalaitetta. CPE-kermi säilyttävät hitsattavuutensa katteen käyttöänsä ajan. CPE-kermiä voidaan hitsata yhteen myös PVC-kermien kanssa. CPE-kermikatteen ominaisuudet ja työtekniikka ovatkin paljolti samat kuin PVC-kermikatteilla. [27] ja [28].

### 3 TUTKITTAVIEN KOHTEIDEN PERUSTIEDOT

Tutkimuksessa on mukana kaikkiaan 49 kohdetta. Aikaisemmista tutkimuksista vuodelta 1995 [10] ja [11] on mukana 25 kohdetta sekä vuodelta 2005 [26] mukana on 42 kohdetta (osittain samoja kohteita). Kaikista kohteista selvitettiin, onko kohteiden katteita uusittu. Kohteiden numerointi on järjestetty siten, että tässä tutkimuksessa ja vuoden 2005 tutkimuksessa on samalle kohteelle sama numero. Seuraavat kohteet verrattuna vuoden 1995 tutkimuksen kohteisiin jouduttiin jättämään tutkimuksen ulkopuolelle.

#### **Vuoden 2005 tutkimuksessa poistuneet kohteet:**

##### Kohde 9:

Kohde oli purettu. Omistajan mukaan katossa tai muissakaan rakenteissa ei ollut vikaa. Tilalle rakennettiin uusi rakennus toiseen käyttötarkoitukseen.

##### Kohde 13:

Kohdetta ei löydetty. Kohteen paikantamistiedot olivat puutteelliset ja alueelle on rakennettu paljon uutta ja myös purettu vanhaa.

##### Kohde 14:

Kohde oli saneerattu vuonna 2002. Saneerauksen syynä oli katon huono kunto. Katteena oli kaksikerroskate, jonka aluskerrin eristysmateriaalina oli puhallettu bitumi ja pintakermin kumibitumi. Kate oli asennettu vuonna 1979.

##### Kohde 23:

Kohde oli saneerattu. Katteena oli muovibituminen yksikerroskate ja katon kaltevuus oli loiva (1:100). Syy saneeraukseen ei välttämättä ollut katon huono kunto. Kate oli asennettu 1985.

Lisäksi kohteen 17 osalta katto, jota oli tutkittu vuoden 1995 tutkimuksessa, oli saneerattu kesällä 2003 katon huonon kunnon vuoksi. Vuoden 2005 tutkimus suoritettiin saneeratun katon viereiselle katolle, jonka rakenne, kattamisvuosi ja katemateriaali ovat samat kuin saneeratulla katolla.

**Vuoden 2014 tutkimuksessa poistuneet kohteet:****Kohde 11:**

Kohteeseen on tehty peruskorjaus käyttäjän vaihtuessa, jonka yhteydessä vesikatto on uusittu vuonna 2012. Vesikaton mahdollisista vuodoista ei ole tietoa. Kate oli asennettu vuonna 1982.

**Kohde 17:**

Kohteen kattomuoto on muutettu harjakatoksi. Katolle on rakennettu IV-konehuone. Katolla oli ollut paljon vuotoja. Kate oli asennettu vuonna 1985.

**Kohde 22:**

Kohteesta otetuissa näytepaloissa oli enemmän vanhan bitumikermikatteen kerroksia kuin aikaisemmissa tutkimuksissa. Kohteen katteelle ei siis tehty laboratoriokokeita. Katto tutkittiin silmämääräisesti.

**Kohde 24:**

Katteen päälle oli asennettu uusi kermi. Tarkkaa tietoa uusimisen syistä tai ajankohdasta ei ole, mutta todennäköisesti omistajan vaihtuessa vuonna 2011.

**Kohde 25:**

Kohde on purettu. Koko kortteli on rakennettu muuhun käyttöön. Katon mahdollisista vuodoista ei ole tietoa. Kate oli asennettu vuonna 1988.

**Kohde 27:**

Kohteen vesikatto on uusittu. Katon mahdollisista vuodoista ei ole tietoa. Kate oli asennettu vuonna 1998.

**Kohde 36:**

Kohteen kattomuoto on muutettu harjakatoksi. Katolla oli ollut paljon vuotoja. Kate oli asennettu vuonna 1988.

**Kohde 39:**

Kohteen vesikatto on uusittu vuonna 2013 peruskorjauksen yhteydessä. Katolla oli ollut jonkin verran vuotoja. Aluslaudoitus oli pääosin kunnossa. Kate oli asennettu vuonna 1993.

Seuraavassa taulukossa ovat tutkimuskohteiden perustiedot. Tarkemmat tiedot katteissa käytetyistä kermeistä ja niiden kiinnitystavoista ovat liitteessä 1. Lisätietoja ja kenttä-tutkimuksissa tehdyt havainnot ovat kohdekorteissa liitteessä 2.

Taulukko 3.1. Tutkimuskohteiden perustiedot

Nro	Paikka-kunta	Koko (m <sup>2</sup> )	Kalte- te- vuus	Kattamis- vuosi	Katealusta	Katealustan tuuletusväli	Kerrokset ja materiaali
1	Sodankylä	2 500	~1:30	1980	Raakapontti	on	2 kumibitumi
2	Sodankylä	5 500	~1:35	1986	Raakapontti	on	2 kumibitumi
3	Sodankylä	2 900	~1:60	1982	Raakapontti	on	2 kumibitumi
4	Rovaniemi	3 000	~1:40	1981	Betoni	ei	2 kumibitumi
5	Rovaniemi	10 000	~1:40	1980	Mineraalivilla	ei	2 kumibitumi
6	Vantaa	360	>1:40	1987	Polyuretaani	ei	2 kumibitumi
7	Helsinki	1 100	~1:16	1988	Mineraalivilla	ei	2 kumibitumi
8	Helsinki	630	1:16	1986	Mineraalivilla	ei	2 kumibitumi
9	Poistunut						
10	Kouvola	400	~1:100	1981	Mineraalivilla	ei	2 kumibitumi
11	Poistunut						
12	Oulu	400	1:16	1983	Polyuretaani	ei	2 kumibitumi
13	Poistunut						
14	Poistunut						
15	Oulu	1 000	~1:100	1982	TT-laatta	ei	3 kumibitumi
16	Oulu	2 000	1:16	1985	Raakapontti	on	2 kumibitumi
17	Poistunut						
18	Nurmijärvi	400	~1:30	1985	Betoni	ei	2 muovibitumi
19	Nurmijärvi	100	~1:100	1985	Vanha bitumikate + raakapontti	ei	2 muovibitumi
20	Nurmijärvi	100	1:15	1985	Mineraalivilla + vanha kate	on	2 muovibitumi
21	Tuusula	300	~1:20	1989	Mineraalivilla (+ reikäkermi)	on	1 muovibitumi
22	Poistunut						
23	Poistunut						
24	Poistunut						
25	Poistunut						
26	Lohja	1 000	1:20	1991	Mineraalivilla	ei	2 kumibitumi
27	Poistunut						
28	Tuusula	350	1:10	1996	Vanha bitumikate + raakapontti	on	1 kumibitumi
29	Valkeakoski	16 000	~1:20	1996	Roofmate (XPS)	ei	2 kumibitumi
30	Valkeakoski	9 000	~1:20	1996	Raakapontti	on	2 kumibitumi
31	Tampere	8 500	~1:40	1997	Mineraalivilla	ei	2 kumibitumi
32	Tuusula	1 700	~1:10	1989	Mineraalivilla (+ reikäkermi)	ei	1 kumibitumi
33	Hyvinkää	2 300	1:20	1997	Mineraalivilla	ei	2 kumibitumi
34	Helsinki	600	1:20	1998	Mineraalivilla	ei	2 kumibitumi
35	Vantaa	2 000	~1:20	1984	Suod. kangas, raakapontti	on	1 PVC-muovi
36	Poistunut						
37	Helsinki	25 000	~1:40	1988	Suod. kangas + vanha bitumikate	ei	1 PVC-muovi
38	Helsinki	7 000	~1:40	2000	Mineraalivilla	ei	1 PVC-muovi
39	Poistunut						
40	Pori	15 000	~1:0-45	1991	Mineraalivilla	ei	1 PVC-muovi
41	Turku	10 000	~1:0-70	1990	Mineraalivilla	ei	1 PVC-muovi
42	Kankaanpää	800	~1:60	1994	Mineraalivilla + vanha bitumikate	ei	1 PVC-muovi
43	Helsinki	2 000	1:40	1988	Suod. kangas + vanha bitumikate	ei	1 PVC-muovi
44	Vantaa	600	1:60	1994	Mineraalivilla	on	2 kumibitumi
45	Vantaa	4 000	1:40	2002	Mineraalivilla	on	2 kumibitumi
46	Oulu	800	1:40	1991	Mineraalivilla	on	2 kumibitumi
47	Espoo	600	1:16	1997	Mineraalivilla	on	2 kumibitumi
48	Vantaa	10 000	1:40	1989	Mineraalivilla	ei	1 CPE-muovi
49	Vantaa	1 000	1:60	1995	Mineraalivilla	on	1 PVC-muovi

Kohteet 1-25 ovat olleet mukana vuoden 1995 tutkimuksessa. Kohteet 1-42 ovat olleet mukana vuoden 2005 tutkimuksessa. Kohteet 43-49 ovat tässä tutkimuksessa uusia kohteita. Kohteen 44 katteen päällä on noin 50 mm vahvuinen singelikerros. Kohde 48 on CPE-muovikermikate.

## 4 TUTKIMUSMENETELMÄT

### 4.1 Kenttätutkimukset

Kenttätutkimusten tarkoituksena oli saada näytepalat laboratoriotutkimuksia varten sekä selvittää katon kunto silmämääräisesti. Kenttätutkimuksissa kiinnitettiin suurinta huomiota katteen yleiskuntoon, katealustaan, läpivienteihin, räystäisiin, vedenpoistoon ja muihin katolla oleviin rakenteisiin. Kenttätutkimukset suoritettiin vuoden 2014 touku-kuun ja kesäkuun välisenä aikana.

Katteen yleiskunnon selvittämiseen kuuluivat katon siisteyden arvioiminen sekä kermien yleiskunnon tutkiminen. Katon siisteys kertoo paljon katon käytöstä ja huolto-toimenpiteistä. Katon siisteydestä voidaan myös päätellä ympäristön vaikutuksia katon toimivuuteen ja roskaantumiseen. Kermien yleiskunnon osalta tarkastettiin katon pinta silmämääräisesti, kermiin syntyneet rypyt ja poimut, saumojen täytteisyys ja kiinnipysyminen sekä bitumikermien osalta pintasirotteen kiinnipysyminen.

Katealustan osalta selvitettiin tuuletuksen toimivuus, mahdolliset painumat ja siirtymät, lammikoituminen sekä katon lappeiden kaltevuus. Kohdista, joista otettiin näytepalat laboratoriokokeita varten, päästiin kattoa tutkimaan myös katteen alta. Katealustan kosteus tarkastettiin ilman apuvälineitä silmämääräisesti ja käsin tunnustelemalla. Mikäli katealustana oli lämmöneristelevy, siitä leikattiin pieni pala pois ja tarkastettiin mahdollinen höyrynsulkumateriaali ja tuuletusuritus sekä mitattiin lämmöneristeen paksuus.

Katoilla oli käyttötarkoituksesta riippuen eri määrä läpivientejä. Läpivientien osalta tutkittiin niiden tiivistykset, ylösnostot, sijainnit, vaakakallistukset, etäisyydet toisiinsa sekä pellitykset. Lisäksi selvitettiin muut katoilla olevat varusteet, laitteet ja kulutiet sekä niiden kunto.

Räystäsrakenteista tutkittiin tuuletusraon suuruus, räystäään ylösnostot sekä räystäään kohdan kermien ja pellitysten kunto. Pellityksissä kiinnitettiin huomiota niiden kallistuksiin, kiinnikkeisiin sekä jatkoksiin.

Katon vedenpoiston osalta tutkittiin jirien kallistusten riittävyys, valumamatkat ja jirien kohtien kermien kunto. Kattokaivojen osalta katsottiin niiden sijainti, lukumäärä ja halkaisija sekä kermien kiinnipysyminen kaivojen kohdissa.

Kenttätutkimusten yhtenä tarkoituksena oli vahvistaa haastatteluista saatuja tietoja. Vauriokohdat ja puutteet voitiin todeta paikanpäällä ja mahdollisuuksien mukaan selvittää niihin johtaneita syitä sekä arvioida vaurioiden tulevaa kehitystä.

## 4.2 Haastattelut

Jokaisen kohteen osalta haastateltiin kiinteistön omistajaa tai käyttäjää sekä huollosta vastaavaa henkilöä. Haastattelujen tarkoituksena oli selvittää katon toimivuus sekä siinä esiintyneet viat ja puutteet. Toinen tarkoitus oli selvittää katon huoltotoimenpiteiden laatu ja tiheys. Näihin tietoihin saatiin joko vahvistus tai poikkeavia huomioita kenttä-tutkimuksissa. Haastattelut pyrittiin järjestämään kenttätutkimusten yhteyteen, mutta aina se ei ollut mahdollista. Tällöin haastattelut hoidettiin puhelimitse.

## 4.3 Laboratoriokokeet

Laboratoriokokeet suoritettiin pääosin Katepal Oyn laadunvarmistuslaboratoriossa Lempäälässä. Vetolujuuskoe -20 °C:ssa testattiin Nordic Waterproofing Oyn (Kerabit) laboratoriossa Lohjalla. Laboratorioissa on käytössä ISO 9001-sertifioitu laadunvalvonta, ja koestuslaitteisto on kalibroitu.

### 4.3.1 Näytepalat

Laboratoriokokeita varten katteista otettiin kaksi 1,0 x 0,7 m kokoista näytepalaa. Näytepalat otettiin siten, että yhteen näytteeseen osui pintakermin pituussuuntainen sauma. Aikaisemmin tutkittujen kohteiden osalta näytepalat otettiin aikaisempien näytepalojen vierestä, jotta katteeseen vaikuttaneet rasitustekijät olisivat mahdollisimman lähellä toisiaan. Uusista tuotteista, jotka eivät ole olleet katoilla, tehtiin vertailunäytteet. Vertailunäytteiden kermirakenne on K-MS 170/3000 + K-PS 170/5000. Näin voitiin verrata tutkimuskohteiden testaustuloksia katteisiin, jotka eivät ole olleet rasitusten vaikutusten alaisina. Kuvissa 4.1 ja 4.2 on katolta otetut näytepalat.



Kuvat 4.1 ja 4.2. Kohteen 10 näytepalat ja näytteenottokohdat. Katealustana on mineraalivilla. Yläkuvassa on saumallinen näyte, ja alakuvassa saumaton. Yläkuvassa näkyy yksi kiinnike mineraalivillan pinnassa.

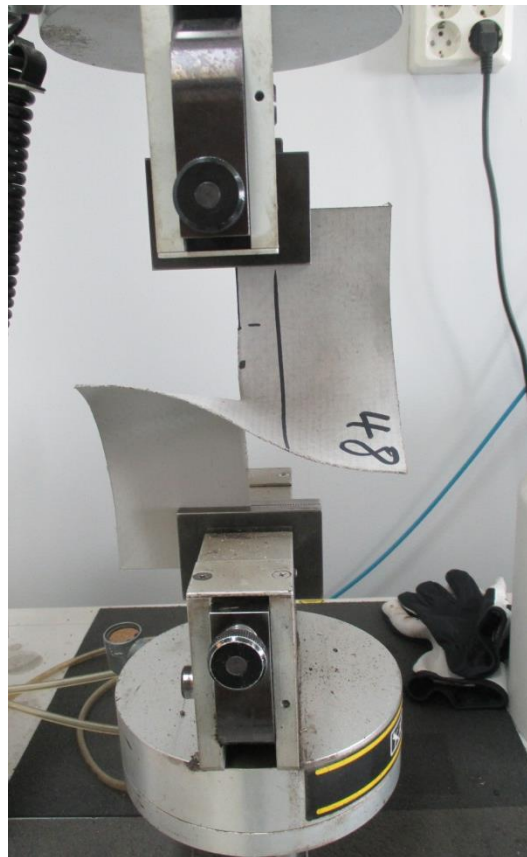


Laboratoriokokeiden tarkoituksena oli selvittää, missä kunnossa katemateriaalit ovat ja kuinka hyvin ne ovat säilyttäneet ominaisuutensa iän myötä. Vanhojen tutkimuskohdeiden tuloksia voitiin verrata kahden aikaisemman tutkimuksen tuloksiin, jolloin saadaan pitkän aikavälin tietoa katemateriaalin vanhenemisesta ja sen ominaisuuksien muuttumisesta. Laboratoriossa tehtiin näytepaloille seuraavat viisi koetta:

- Repäisylujuus
- Taivutettavuus
- Vetolujuus ja venymä  $+23\text{ °C}$
- Sauman vetolujuus
- Vetolujuus ja venymä  $-20\text{ °C}$

#### 4.3.2 Repäisylujuus

Repäisylujuus testattiin standardin SFS 5011 [23] mukaisesti. Testauskappaleiden koko oli  $150 \times 150\text{ mm}$ , vetonopeus  $100\text{ mm/min}$  ja leukojen väli kokeen alussa  $50\text{ mm}$ . Ennen koetta koekappaleeseen tehtiin  $55\text{ mm}$  viilto pintakermin pituussuuntaan. Koekappale vedettiin halki vetokoneella, joka piirsi voima-venymä-kuvaajan. Kuvaajasta jätettiin pois ensimmäinen ja viimeinen neljännes, ja keskiosasta otettiin tasaisin välein kymmenen arvoa, joiden keskiarvo oli koekappaleen repäisylujuus. Katteen repäisylujuus saatiin kolmen koekappaleen tulosten keskiarvona. Kuvassa 4.3 on käynnissä kermin repäisylujuuden testaus.

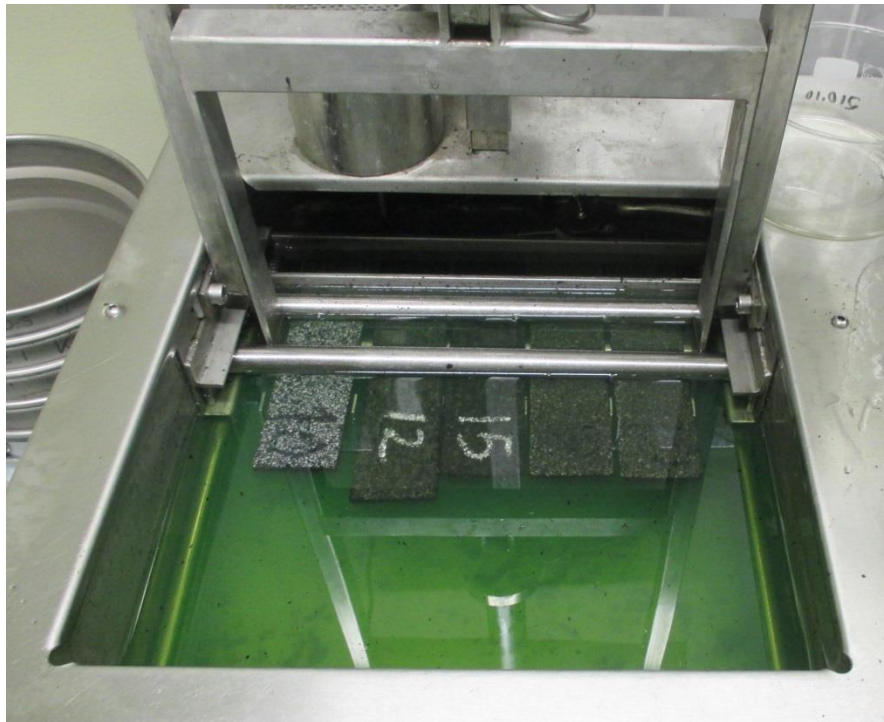


Kuva 4.3. Repäisylujuuden testaus käynnissä. Kuvan kohde on CPE-kermikatetta.

Repäisylujuus mittaa kerrin lujutta erilaisia repäisyvoimia vastaan. Repäisyvoimia katolla voivat aiheuttaa rakenteiden liikkeet, katealustan painumat, lämpö- ja kosteusliikkeet sekä tuulikuormat. Repäisyvoimat kohdistuvat myös kerrin mekaanisten kiinnikkeiden kohtiin.

### 4.3.3 Taivutettavuus

Taivutettavuus testattiin standardin EN 1109 [1] mukaisesti. Koekappaleiden koko oli 200 x 50 mm (pidempi mitta kerrin pituuden suuntaisesti). Taivutuskappaleen halkaisija oli 30 mm ja taivutusnopeus 360 mm/min. Testaus suoritettiin nesteessä, jonka lämpötila voitiin säätää 1 °C tarkkuudella. Kerrin taivutettavuuslämpötilaksi saatiin lämpötila, jossa kolme koekappaletta kesti taivutuksen halkeilematta. Taivutuslämpötilat määritettiin viiden celsiusasteen tarkkuudella siten, että tulos oli nolla tai viidellä jaollinen. Alhaisin käytetty lämpötila oli -25 °C. Bitumikermikatteiden taivutuskoelaitteisto on esitetty kuvassa 4.4



Kuva 4.4. Taivutettavuuden testauksessa käytetty laitteisto. Viiden bitumikermikatteiden koekappaleet ovat temperoitumassa oikeaan testauslämpötilaan. Halkeaman havaitsemisen apuna käytettiin valaisinta.

Taivutettavuus mittaa kermeihin käytetyn bitumin elastisuutta eri lämpötiloissa. Taivutettavuus on vaatimuksena kermeille kylmissä olosuhteissa suoritettavan asennustyön vuoksi. Kerrin tulee kestää rullassa taivutettuna eristystyötä tehtäessä halkeilematta myös kylmissä olosuhteissa. Valmiilla katoilla ei ole vastaavanlaisia taivutusrasituksia. Jonkin verran taivutusrasituksia valmiilla katoilla on ylösnostojen taitteissa, jotka eivät kuitenkaan joudu taipumaan asentamisen jälkeen. Pehmeän alustan kuormittaminen,

kuten lumi- tai askelkuormat saattavat aiheuttaa katteelle taivutusrasituksia. Katteen vanhentuessa taivutettavuus saattaa jonkin verran heikentyä eristysmateriaalin haurastumisen johdosta.

Taivutettavuuskoe ei sovellu monikerroskatteille eikä sitä enää tulisi tehdä seuraavissa tutkimuksissa.

#### 4.3.4 Vetolujuus ja venymä +23 °C

Testaus suoritettiin standardin EN 12311-1 [2] mukaisesti. Koekappaleiden mitat olivat 300 mm x 50 mm. Pidempi mitta oli pintakermin pituussuuntaan. Kappale kiinnitettiin vetolaitteen leukoihin siten, että leukojen väli oli alussa 200 mm. Leukoina käytettiin tasapintaisia leukoja. Koekappale vedettiin poikki vetonopeudella 100 mm/min. Tuloksena saatiin kappaleen murtolujuus ja sitä vastaava venymä. Lisäksi laitteisto piirsi voima-venymä-kuvaajan. Katteen vetolujuus ja venymä saatiin kolmen koekappaleen tulosten keskiarvona. Koekappaleen vetokoe on käynnissä kuvassa 4.5.



Kuva 4.5. Vetolujuuskoe huoneenlämmössä on juuri päättynyt. Koekappale katkesi keskeltä.

Vetorasituksia katolla aiheuttavat samantyyppiset katealustaan kohdistuvat voimat kuin repäisyvoimat. Vetovoimat ovat katteen suuntaisia voimia, kun taas repäisyvoimat ovat katetta leikkaavia voimia.

#### 4.3.5 Sauman vetolujuus

Testaus suoritettiin standardin EN 12317-1 [3] mukaisesti. Koekappaleiden mitat olivat 300 mm x 50 mm. Pidempi mitta oli pintakermin pituussuuntaa vastaan kohtisuorasti

siten, että keskelle tuli pintakermin sauma. Kappale kiinnitettiin vetolaitteen leukoihin siten, että leukojen väli oli alussa 200 mm. Koekappale vedettiin poikki vetonopeudella 100 mm/min. Tuloksena saatiin kappaleen sauman murtolujuus ja sitä vastaava venymä. Lisäksi laitteisto piirsi voima-venymä-kuvaajan. Sauman vetolujuus saatiin kolmen koekappaleen tulosten keskiarvona. Sauman vetolujuuden testaus on käynnissä kuvassa 4.6.



Kuva 4.6. Sauman vetokoe on juuri päättynyt. Koekappale katkesi hieman ylemmän vetoleuan alapuolelta. Myös sauman kohdassa havaittiin vähäistä liukumista.

Sauman vetolujuus on tuoteluokkavaatimuksena vain yksikerroskateille. Tässä tutkimuksessa testattiin kuitenkin sauman vetolujuutta myös kaksikerroskatteiden osalta, jolloin koekappaleissa on yleensä yhtenäinen aluskermi pintakermin sauman alapuolella. Tällöin testaus mittaa myös aluskermiä kohtisuoraa vetolujuutta. Katoilta otettujen näytteiden osalta ei voida olla varmoja siitä, onko aluskermi asennettu pintakermin suuntaisesti vai ristiin.

#### 4.3.6 Vetolujuus ja venymä -20 °C

Koe suoritettiin standardin SFS 5011 mukaisesti [23]. Koekappaleiden koko oli 260 mm x 50 mm. Pidempi mitta oli kermiä pituussuuntaan. Vetonopeutena käytettiin 20

mm/min ja leukojen väli kokeen alussa oli 100 mm. Vetokone laitettiin kylmäkaapin sisään, jossa koekappaleet testattiin. Leukoina käytettiin bitumikermien osalta hammasleukoja, jotta kiinnipysyminen olisi parempi. PVC- ja CPE-kermejä testattaessa käytettiin kumipintaisia sileitä leukoja. Testauskappaleita säilytettiin testauslämpötilassa erillisessä pakastimessa vähintään kaksi tuntia ennen testausta. Kappaleet siirrettiin nopeasti pakastimesta kylmäkaappiin, jossa ne olivat vähintään puoli tuntia ennen testausta. Vedon aikana katsottiin myös bitumin halkeilua. Katteen kylmävetolujuus ja -venymä saatiin kolmen koekappaleen tulosten keskiarvona. Kylmävetolaitteisto on esitetty kuvassa 4.7.



Kuva 4.7. Kylmävetolujuuden ja venymän testauksessa käytetty laitteisto. Kylmävetokokeessa käytettiin leukoina kuvassa näkyviä hammasleukoja, jotta koekappaleet pysyivät paremmin kiinni leuoissa.

Kermien vetolujuus kylmässä on pääsääntöisesti suurempi kuin lämpimässä. Standardi onkin tarkoitettu kermien venymäominaisuuksien määrittämiseksi kylmissä olosuhteissa, joissa vedeneristysmateriaali muuttuu yleensä hauraammaksi. Tällöin halkeamien muodostuminen ja kermien katkeaminen pienemmillä venymillä kuin lämpimässä suoritettavassa vetokokeessa on todennäköisempää.



## 5 TUTKIMUSTULOKSET JA HAVAINNOT

### 5.1 Kenttätutkimukset

Yksittäisistä tutkimuskohteista tehdyt havainnot on esitetty liitteen 2 kohdekorteissa. Tässä kappaleessa on kerrottu merkittävimmistä kenttätutkimuksissa tehdyistä havainnoista.

#### 5.1.1 Katon yleiskunto

Kermien yleiskunto oli pääasiassa hyvä tai kohtalainen. Heikossa kunnossa oli vain joitakin yksittäisiä katteita. Vanhimmissa kermeissä oli havaittavissa kulumista ja joissakin kohteissa kermi olivat poimuuntuneet. Loivissa järeissä, katon nurkkakohdissa sekä kattokaivojen ympärillä havaittiin bitumikermikattojen osalta melko usein vähäisiä määriä irronnutta pintasirotetta. Ryppyjä havaittiin useimmiten sellaisissa bitumikermikatteissa, joissa aluskerman tukikerros oli polyesteriä ja pintakermin lasikuitua sekä useissa PVC-kermikatteissa. Poimuuntumista havaittiin myös CPE-kermikatteessa. Kuvassa 5.1 on bitumikerman poimuuntumista. Kuvassa 5.2 on PVC-kerman poimuuntumista. Poimuuntuminen on todennäköisempää silloin, jos bitumikermikatteen kermi on asennettu ristiin eli aluskermi ja pintakermi on asennettu erisuuntaisesti.



Kuva 5.1. Poimuja bitumikermikatteessa. Tässä kohteessa aluskerman tukikerros on polyesteriä ja pintakermin tukikerros lasikuitua.



Kuva 5.2. Poimuja PVC-kermikatteessa.

Katteiden avonaisia saumojä havaittiin useimmiten bitumikermikattojen räystäiden ylösnostoissa. PVC-kermikatteissa tai CPE-kermikatteessa ei havaittu avonaisia saumojä. Sen sijaan PVC-kermikatteissa havaittiin joitakin katteen repeytymä. Kuvassa 5.3 on katteen sauman avautuminen räystäsalueella.



Kuva 5.3. Bitumikermi sauma on auennut räystäsalueella.

Kentällä tehtyjen havaintojen perusteella katolle kertyvien roskien määrään vaikuttaa eniten puuston määrä rakennuksen läheisyydessä. Puiden lehdet ja neulasen ovat

selvästi yleisimmät katoilla esiintyvät roskat. Muita roskaantumiseen vaikuttavia tekijöitä ovat rakennuksen sijainti, korkeus, ympäristö, katon kaltevuus sekä vedenpoisto. Kauempana puista sijaitsevien rakennusten katoilla havaittiin vähemmän roskaantumista kuin puuston lähellä sijaitsevien rakennusten. Niillä katoilla, joiden vedenpoisto on ulkopuolinen, havaittiin selvästi vähemmän roskaantumista kuin niillä katoilla, joiden vedenpoisto on sisäpuolinen. Yleisesti roskaa kerääntyy eniten katon reuna-alueilla sijaitsevien kattokaivojen kohdille, räystääsalueille, nurkka-alueille sekä katolla olevien rakenteiden, kuten läpivientien ja kattoikkunoiden, viereen. Roskat voivat estää tai hidastaa sadevesien pääsyä kaivoihin tai räystäskouruihin. Lisäksi maatuessaan roskat voivat synnyttää kasveille otollisen kasvualusta. Kuvassa 5.4 on tukkeutuneista kattokaivoista johtunut veden lammikoituminen katolle.



Kuva 5.4. Kattokaivojen tukkeutuminen on aiheuttanut sen, että suurin osa katon lappeesta oli veden vallassa. Räystäällä ei ollut ulosheittäjiä.

Sellaisissa kohdissa, missä kosteuden poistuminen kermien pinnalta oli hidasta, havaittiin joissakin kohteissa sammalta ja leväkasvustoa. Levät ja sammaleet tarvitsevat kasvaakseen paljon kosteutta. Leväkasvustot ja sammaleet voivat heikentää katteen ominaisuuksia tai ne voivat tunkeutua katteen sisään ja saumoihin. Lisäksi leväkasvuston ja sammalen poistaminen voi olla vaikeaa ja aiheuttaa katteeseen mekaanisia vaurioita. Mikäli huoltotoimintaa on laiminlyöty pitkän aikaa, saattavat leväkasvustot tarjota kasvualustan myös suuremmille kasveille. Kuvassa 5.5 on voimakasta kasvustoa katteen päällä.





Kuva 5.5. Kuvassa on voimakasta sammalkasvustoa. Kyseisessä kohdassa huolto on ollut puutteellista jo pitkään. Sammalkasvuston alle on hautautunut kaksi kattokaivoa.

Katoilla useimmiten olevia ylimääräisiä esineitä olivat erilaiset ruuvit, naulat, pellinpalat, kermirullat, kernin palat, työkalut tai niiden osat sekä puutavara. Ylimääräiset esineet olivat useimmiten jääneet katolle asennus- tai korjaustöiden seurauksena. Usealla tutkitulla katolla oli muiden rakenteiden korjaustyöt käynnissä tutkimuksen aikana, ja yleensä kattoja ei suojattu ollenkaan tai suojattiin puutteellisesti työn aikana. Ruuveja ja nauloja tai peltejä on voinut irrota myös räystäs- ja ylösnostopellityksistä. Naulan tai ruuvin päälle astuminen voi aiheuttaa katteeseen reiän. Erityisen herkkiä reikiintymisen suhteen ovat PVC- ja CPE-kermikatteet. Kuvassa 5.6 on katolla ylimääräisiä esineitä.



Kuva 5.6. Kuvassa on PVC-kermikatteen päällä IV-konehuoneen muutostöiden aikana säilytetty rakennusmateriaaleja ja jätteitä ilman minkäänlaista suojausta.

Joissakin bitumikermikatoissa havaittiin höyrypusseja. Höyrypusseja voi muodostua, kun kermikerrosten väliin pääsee kosteutta. Yleensä kosteus on peräisin asennuksen ajalta. Lämmitessään vesi muuttuu vesihöyryksi, sen tilavuus kasvaa ja aiheuttaa näin paineen kasvua kermikerrosten väliin. Kuvassa 5.7 on höyrypusseja.



Kuva 5.7. Höyrypusseja kumibitumikermikatossa pintakermi sauman kohdalla. Höyrypusseja voi aikanaan rikkoa pintakermi sauman, mutta vielä toistaiseksi sauma on kunnossa.

### 5.1.2 Katealusta

Tutkimuksessa oli mukana mineraalivillan, polyuretaanin, raakaponttilaudoituksen sekä betonin päälle tehtyjä kermikatteita. Katealusta oli märkä yhdessä kohteessa sekä jonkin verran kostea yhdessä kohteessa. Molemmissa kohteissa kosteustuotto rakennuksen sisällä oli erittäin suurta. Katealusta tarkastettiin näytteenottokohdasta silmämääräisesti sekä käsin kokeilemalla. Lämmöneristelevyalustaisilta katoilta leikattiin lämmöneristeestä pala pois, kuten kuvassa 5.8. Reiästä katsottiin mahdollinen höyrynsulkumateriaali sekä tunnusteltiin samalla lämmöneristeen kosteus käsin kokeilemalla.



Kuva 5.8. Mineraalivillasta leikattiin pala pois ja selvitettiin lämmöneristeen paksuus, mahdollinen tuuletusuritus, kosteuspitoisuus sekä mahdollinen höyrynsulkumateriaali. Kyseisessä kohteessa ei ollut kantavan profiilipellin päällä höyrynsulkua.

Tuulettuvien rakenteiden räystäällä olevien tuuletusrakojen pellityksissä oli useissa kohteissa puutteita. Myrskypeltejä havaittiin vain joissakin kohteissa. Yleensä tuuletusraot olivat liian pienet, jolloin tuulettuminen on hidasta. Joissakin kohteissa tuuletusmatkat olivat erittäin pitkät.

Katealustan kaltevuudella on erittäin suuri merkitys katon toimivuuteen. Katon kaltevuuden tulisikin olla vähintään 1:40, jotta katto toimisi kunnolla. Tätä loivemmilla katoilla oli lähes poikkeuksetta liian loivia järejä, jolloin vesi lammikoitui niihin. Lammikoituva vesi voi jäätyessään avata katteen saumoja.

Muovipohjaisia katealustoja käytettäessä alustan eläminen oli aiheuttanut ongelmia joissain katteissa. Nykysuositusten mukaan katetta ei pitäisi asentaa suoraan muovipohjaisten levyjen päälle, vaan välissä tulisi aina käyttää laakerikerrosta, esimerkiksi ohutta ja lujaa mineraalivillaa. Lisäksi mekaaninen kiinnittäminen on erityisen tärkeää juuri muovipohjaisia katealustoja käytettäessä.

Vanhojen raakaponttilauta-alustaisten katteiden aluslautoja oli joissakin kohteissa irronnut ponteista muutamissa kohdissa. Tämä ei kuitenkaan ollut aiheuttanut katteisiin repeämiä tai muita vaurioita. Kuvassa 5.9 on raakaponttilaudan irtoaminen pontista.



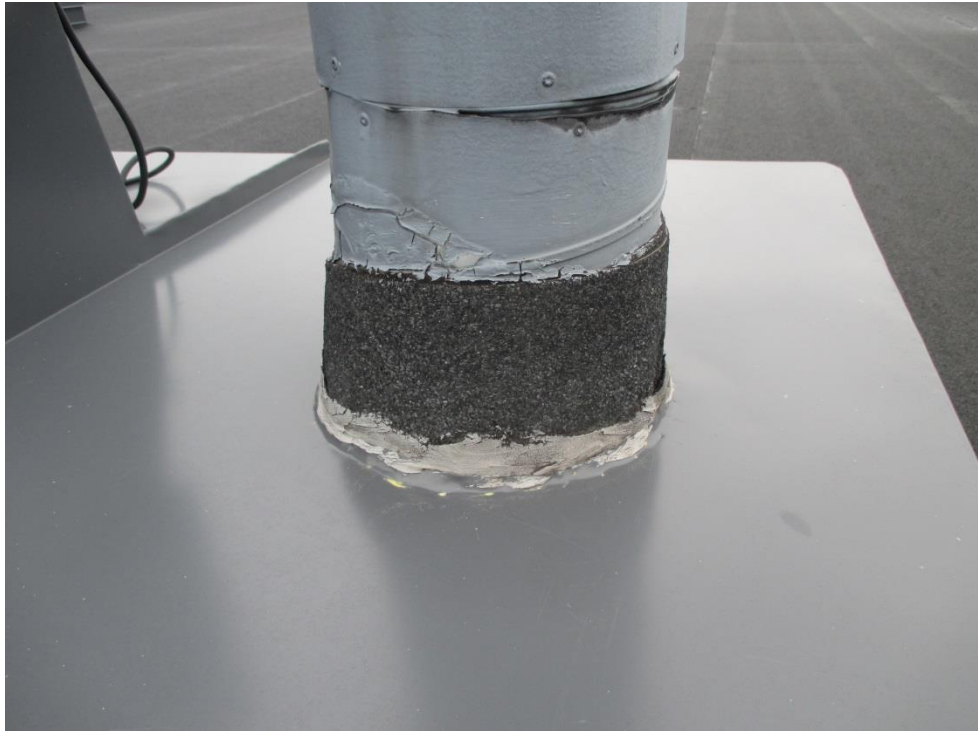
Kuva 5.9. Raakaponttilauta on irronnut pontista PVC-kermikatolla.

Mineraalivilla-alustaisissa katteissa havaittiin yleisesti ottaen melko paljon veden lammikoitumista. Lammikoitumiseen johtaneita syitä voivat olla huolimaton kaatojen teko katteen asennusvaiheessa tai mineraalivillan painuminen myöhemmin.

### 5.1.3 Läpiviennit

Kattovuodot johtuvat melko usein juuri läpivienneistä ja niiden yhteydessä olevista epätiiviysskohdista. Suuret läpiviennit ovat yleensä pellitettyjä. Pienemmät läpiviennit kuten viemärin tuuletusputket eivät ole pellitettyjä, vaan niiden tiivistys tulisi tehdä kumimanetilla. Joissain vanhemmissa kohteissa putkiläpivientien tiivistyksissä oli puutteita. Kuvassa 5.10 on virheellisesti toteutettu läpivienti.





Kuva 5.10. Läpiviennin tiivistys on tehty virheellisesti/puutteellisesti.

Useissa kohteissa läpivientien keskinäiset etäisyydet olivat aivan liian pienet. Tällöin läpivientien ylösnostojen tekeminen kunnolla on lähes mahdotonta, ja kermi jäävät irti alustastaan. Usein myös läpivientien ylösnostojen korkeus ei ollut riittävä. Joissakin kohteissa ylösnostopellitykset olivat liian pienet. Lisäksi oli hyvin yleistä, että ylösnostopellin alareuna oli kermiä vasten, jolloin on riskinä se, että pelti aiheuttaa kerrin kulumista ja jopa puhkeamisen. Paikoin ylösnostopellityksiä ei ollut tehty ollenkaan, vaikka ne olisivat olleet katon pitkäaikaiskestävyyden kannalta oleellisen tärkeitä. Lisäksi läpivientien pellitysten kiinnityksissä oli pahoja puutteita.

#### 5.1.4 Räystää

Useissa kohteissa oli liian pienet räystäspellitykset. Räystäspellin tulee estää veden pääsy tuuletustilaan ja lämmöneristeisiin sekä seinärakenteisiin. Liian pienet pellitykset usein pienentävät räystään tuuletusrakoa, ja näin ollen heikentävät tuuletusta. Lisäksi liian pienet pellitykset olivat usein kiinni katteen pinnassa (kuten kuvassa 5.11), jolloin ne voivat aiheuttaa kerrin kulumista tai puhkeamisen. Erityisen herkkiä puhkeamista ajatellen ovat yksikerroskatteet.



Kuva 5.11. Räystäspelti on kiinni katteen pinnassa. Lisäksi pellin kiinnike on pumpautunut ylös puurakenteesta ja ruostunut.

Räystäsrakenteiden toinen suuri ongelma oli peltien kallistusten puuttuminen, jolloin vesi jää seisomaan räystäspellin päälle. Tämä voi ajan saatossa heikentää pellin kuntoa tai jopa saada aikaan reikiä. Vesi lammikoituu usein kiinnikkeiden, kuten naulojen tai ruuvien kohdille, jolloin on mahdollista, että vesi pääsee kiinnikkeitä pitkin räystään puosiiin. Usein vanhoissa rakennuksissa on käytetty kiinnikkeinä tiivisteettömiä nauloja. Naulojen pumpppautuminen ulos puurakenteissa aiheuttaa sen, että vedellä on suora pääsy puurakenteisiin.

Räystäsrakenteissa kiinnitettiin yleisesti huomiota myös liian harvaan kiinnikejakoon. Kahdessa kohteessa liian harva kiinnikejako oli johtanut siihen, että myrskyllä räystäspeltejä oli kokonaan irronnut, kuten kuvassa 5.12.



Kuva 5.12. Räystäspelti on irronnut myrskyllä. Räystään puurakenteet ja seinärakenteen yläosat ovat nyt alttiina sään vaikutuksille. Lisäksi kuvassa näkyy ryppejä kerneissä räystään ylösnostossa.

Joissakin räystäiden ylösnostoissa kermiä olivat rypyssä. Ryppejä havaittiin erityisesti sellaisissa kaksikerroskatteissa, joissa toisen kermin tukikerroksena oli käytetty polyesterihuopaa ja toisen lasikuituhuopaa.

Joissakin räystäiden ylösnostoissa ja muissa ylösnostoissa havaittiin bitumikermien pinnan valumista. Valumaa havaittiin sellaisissa kohdissa, joihin aurinko paistaa hyvin voimakkaasti koko päivän ja kaltevuus on suuri. Tällöin kermin pintasirotteen alla oleva bitumi lämpenee paljon ja alkaa ajan kuluessa hiljalleen valua, kuten kuvassa 5.13.



Kuva 5.13. Räystään ylösnostossa kermin pinta on valunut.

### 5.1.5 Vedenpoisto

Vedenpoiston suurin ongelma oli jiirien kaltevuuksissa. Muita puutteita oli kattokaivojen lukumäärissä, halkaisijoissa ja sijainneissa. Useissa kohteissa oli vain yksi kaivo valuma-allasta kohti. Tällöin kaivon tukkeutuminen voi aiheuttaa erittäin suurten vesimassojen kertymisen katolle. Usein kaivojen halkaisija oli liian pieni, noin 40–50 mm. Lisäksi oli hyvin yleistä, että kaivojen lehtisihdit oli poistettu, koska niiden ajateltiin tukkeutuvan helpommin kuin kaivon, jossa ei ole lehtisihtiä. Joissakin kohteissa oli kaivon oman lehtisihdin lisäksi laitettu kaivon kohdalle vielä erillinen suurempi lehtisihti. Kuvassa 5.14 on kattokaivo tukossa, ja sen ympärille kertynyt jonkin verran vettä.



Kuva 5.14. Kattokaivon tukkeutuminen on aiheuttanut veden kerääntymistä kaivon ympärille.

Kattokaivon sijainnilla on suuri merkitys vedenpoiston toimivuuteen. Kaivon sijaitessa nurkka-alueella se tukkeutuu helpommin kuin katon keskialueella sijaitseva kaivo,



koska kattojen roskista suurin osa kerääntyy tuulelta suojaisiin nurkkiin. Myös räystäsalueet ovat huonoja paikkoja kaivoille, koska niihinkin kertyy paljon roskaa.

Ulkopuolisen vedenpoiston omaavia kohteita oli tutkimuksessa mukana vain joitakin. Tällaisissa kohteissa katolla ei ollut paljon roskaa, koska näissä ei ole tuulelta suojaisia räystäsnostoja, ainakaan sivuräystäillä. Vedenpoiston toimintavarmuus on näissä kohteissa parempi kuin kattokaivollisissa kohteissa. Myös räystäskourut ja ulosheittäjät roskaantuvat, ja vaativat huoltotoimenpiteitä. Kuvassa 5.15 on ulosheittäjä, jossa on paljon roskaa. Kuvassa 5.16 on roskista tukkeutunut räystäskouru.



Kuva 5.15. Ulosheittäjässä on paljon roskaa. Huolto on ollut puutteellista.



Kuva 5.16. Räystäskouru on tukkeutunut roskista. Huolto on ollut puutteellista jo kauan.

### 5.1.6 Muut katolla olevat rakenteet

Muita katolla olevia rakenteita ovat antennit ja mainostelineet. Osa näistä oli asennettu katolle jälkiasennuksina, jolloin asennuksen detaljit eivät aina ole hyviä. Mainostelineitä oli muun muassa pultattu katteen läpi alustaan, mikä aiheuttaa vuotoriskin. Osa mainostelineistä oli asennettu katolle vastapainojen avulla. Yhdessä kohteessa myrsky oli kaatanut tällaisen mainostelineen, jolloin kaatumisesta oli aiheuttanut katteeseen useita reikiä.

Katoille pääsy oli järjestetty usein eri tavoin. Paras kulkutie oli ulkopuoliset kierreportaat, joita oli muutamassa kohteessa. Huonoin kulkutie olivat talotikkaat. Lisäksi kohteissa, joihin oli pääsy talotikkaita pitkin, oli vaikeinta estää ulkopuolisten pääsy katolle. Eräässä kohteessa koulun läheisyydessä ulkopuoliset olivat päässeet katolle useita kertoja, vaikka katolle ei ole kulkutietä ollenkaan, vaan kulku tapahtuu siirrettävien tikkaiden avulla. Huonojen tai vaikeasti saavutettavien kulkuteiden vuoksi huolto-toimenpiteet saattavat kuitenkin jäädä tekemättä.

## 5.2 Haastattelut

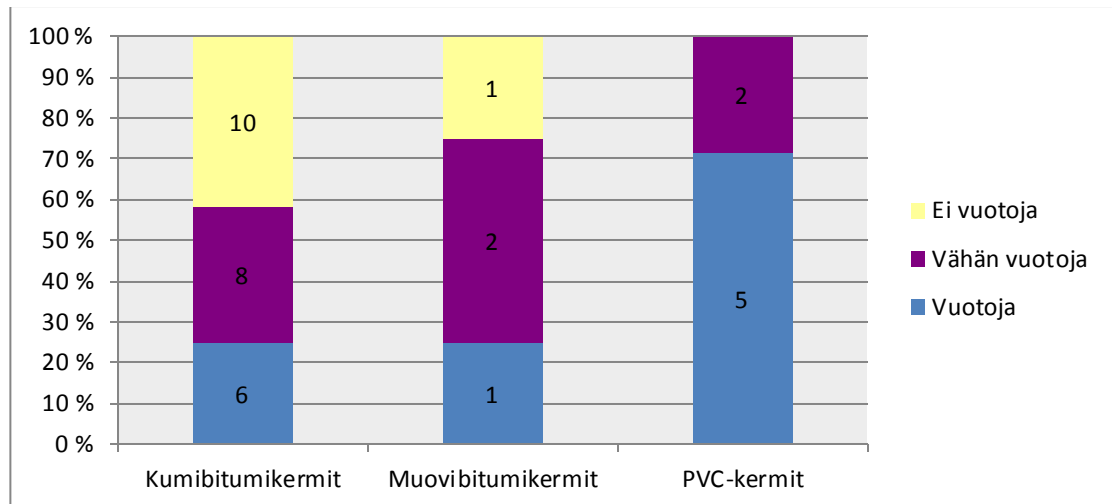
Rakennusten omistajia tai käyttäjiä sekä huollosta vastaavia henkilöitä haastateltiin katon kuntoon ja huoltotoimintaan liittyvistä asioista. Haastatteluista saatiin monipuolisesti tietoja katoista, katevuodoista sekä huoltotoimenpiteistä. Haastateltavien henkilöiden tietojen määrä vaihteli suuresti eri kohteissa. Osalla haastatteluista oli kymmenien vuosien kokemukset kyseisestä katosta, kun taas osalla tiedot eivät olleet kovin pitkältä ajalta. Useimpien kohteiden kohdalla on haastateltu kiinteistön huollosta vastaavaa henkilöä tai huoltoa suorittavaa henkilöä, osassa molempia. Osassa kohteista tietoa saatiin myös urakoitsijoilta. Haastattelut on kirjoitettu puhtaaksi kohteittain kohdekortteihin, jotka ovat liitteenä 2. Seuraavassa on koottu tiedot katevuodoista ja huoltotoimenpiteistä.

### 5.2.1 Katevuodot

Kuvassa 5.17 on esitetty tutkimuskohteiden katevuotojen jakautuma kumibitumi-, muovibitumi- ja PVC-kermikatteiden osalta. Vuodot on jaettu niiden toistuvuuden ja vuotomäärien perusteella seuraavasti kolmeen osaan:

Vuotoja	Katolla on enemmän vuotoja kuin kohdassa vähän vuotoja
Vähän vuotoja	Vuodot eivät ole toistuvia ja ne on saatu kuntoon
Ei vuotoja	Katolla ei ole ollut vuotoja





Kuva 5.17. Tutkimuskohteiden vuotojen esiintyminen katemateriaalien mukaan jaoteltuna haastattelujen perusteella.

Tutkimuksessa oli mukana yksi CPE-kermikate, joka on katettu vuonna 1989. Kyseisessä katteessa on ollut vuotoja vuosittain ja katetta on paikkailtu vuosittain. Katteen ongelmana ovat saumat, jotka eivät kestä. Myös paikkauksien kiinnipysymisessä on ollut ongelmia.

Kumibitumikermikatoissa vuotoja oli kuudessa kohteessa. Ongelmia kyseisissä kohteissa on ollut erityisesti kattokaivojen kohdissa sekä muiden läpivientien kohdissa. Vuotoja esiintyi yleisimmin talvisin ja keväisin. Vuotoihin liittyi hyvin usein kaivojen tukkeutuminen, jolloin kaivon ympärille on padottunut vettä. Vähäisiä vuotoja oli kahdeksassa kohteessa. Myös näissä kohteissa kaivojen kohdat olivat yleisin vuotokohta. Muita puutteita olivat pellitysten puutteet ja virheet, muut ylösnostot, seinäliitokset ja niiden elastiset massaukset sekä kondenssi.

Muovibitumikermikatoissa vuotoja oli yhdessä kohteessa. Kyseisen kohteen katteella on ikää 29 vuotta. Vähän vuotoja oli kahdessa kohteessa. Ongelmia on ollut saumojen kiinnipysymisessä sekä kaivojen kohdissa.

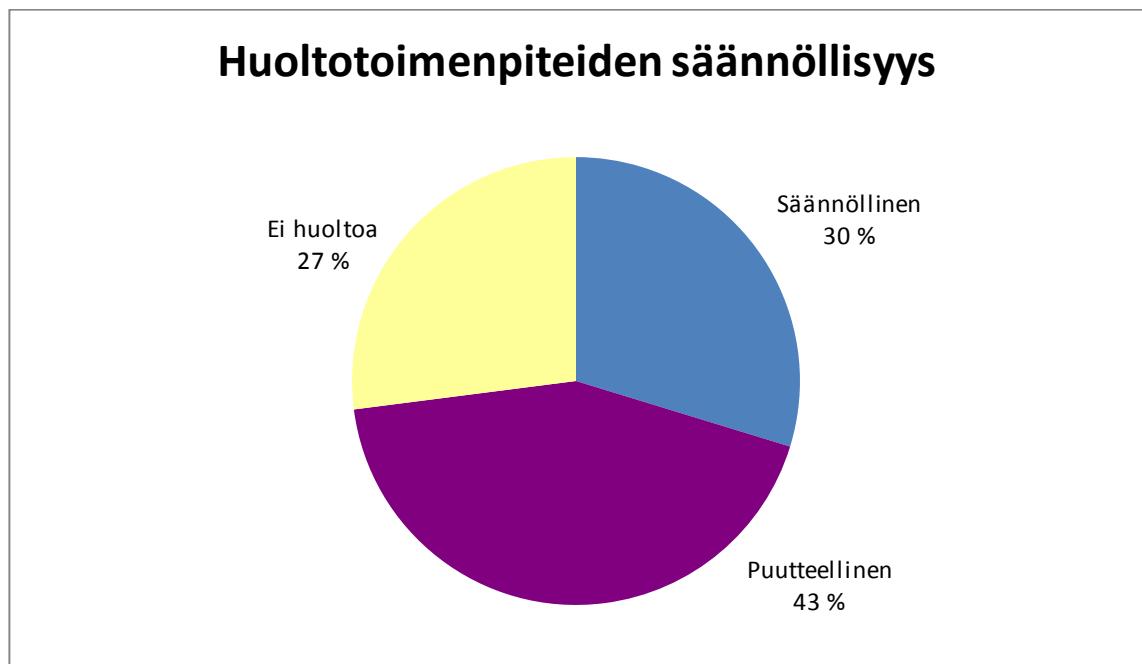
PVC-kermikatoista viidessä on ollut vuotoja. Vuotoja on ollut saumojen kohdilta sekä katteeseen tulleiden reikien kohdilta. Reikiä ovat aiheuttaneet ainakin putoilevat työkalut ja katoilla olevat ylimääräiset esineet, kuten rakennusmateriaalit. Reikiä on voinut aiheuttaa myös linnut ja ilkivalta. Vähäisiä vuotoja on voinut aiheutua myös ylösnostojen ja läpivientien juurissa olevien nurkkapalojen reikiintymisen seurauksena. PVC-kermikatteilla yleinen työvirhe on avonainen sauma, jota on vaikea huomata katon tarkastuksen yhteydessä.

## 5.2.2 Huoltotoimenpiteet

Huoltotoimenpiteiden tiheyttä ja laatua arvioitiin kahta kautta: haastatteluiden perusteella sekä kohdekäyntien yhteydessä tehtyjen silmämääräisten havaintojen avulla. Mikäli haastattelusta ja kohdekäynnillä saatiin ristiriitaista tietoa, painotettiin kohdekäynnillä saatua tietoa enemmän. Kaikkien kohteiden huoltotoimenpiteiden tiheys ja laatu määri-

tettiin nykyisen huoltotason mukaan, vaikka kohteen huolto olisi ollut aikaisemmin erilaista kuin nykyisin. Huolto-ohjeiden [7] mukaan katto pitää huoltaa vähintään kaksi kertaa vuodessa: keväisin ja syksyisin. Mikäli katon läheisyydessä on paljon kasvillisuutta, suositellaan katon tarkastusta ja puhdistusta useammin. Lisäksi katon tarkastus suositellaan tehtäväksi jokaisen rankan myrskyn jälkeen. Tutkimuskohteiden huoltotoimenpiteiden säännöllisyys on jaoteltu kolmeen osaan seuraavasti:

Säännöllinen	Huolto on tehty kaksi kertaa vuodessa, keväisin ja syksyisin
Puutteellinen	Huolto on tehty kerran vuodessa
Ei huoltoa	Huolto on harvempaa kuin kerran vuodessa



Kuva 5.18. Tutkimuskohteiden huoltotoimenpiteiden säännöllisyyden jakauma.

Huolto oli säännöllistä ainoastaan 30 % kohteista. Haastatelluista henkilöistä runsaasti yli puolet tiesi kuinka usein kattoon tulisi huoltaa. Haastatelluista vajaa puolet tiesi mitä huoltokäynnillä tulisi tehdä. Esimerkiksi pellitysten tarkastaminen oli jäänyt tekemättä lähes kaikilta haastatelluilta. Lisäksi katon putsaukseen oli tehty varsin vähän verrattuna siihen, kuinka usein katoilla käytiin. Osa katoista oli selvästi täysin vailla hoitoa. Katoilla kasvoi puun taimia, joiden iäksi arvioitiin enimmillään jopa yli 5 vuotta. Lisäksi katoilla kasvoi runsaasti jäkälää ja sammalta sekä heinää. Tällaisista merkeistä päätellen voidaan sanoa katon olevan täysin vailla huoltoa. Kattojen huoltotoimintaan tulisi kiinnittää tulevaisuudessa runsaasti enemmän huomiota nykytilanteeseen verrattuna.

Lumia poistettiin katoilta vain noin yhdessä neljänneksessä kohteista. Yleensä lunta poistettiin vain runsaslumisimpina talvina. Yhdessä kohteessa, jossa on vuotoja säännöllisesti keväisin, poistettiin lunta joka vuosi kauttaaltaan vuotojen pienentämiseksi.

## 5.3 Laboratoriokokeet

Laboratoriokokeet tehtiin toukokuusta elokuuhun välisenä aikana vuonna 2014 luvussa 4.3 esitettyjen menetelmien mukaisesti. Laboratoriokokeiden tulokset on esitetty liitteessä 3. Seuraavassa on tarkoitus selvittää lukijalle kuinka saatuja laboratoriokokeiden arvoja on tulkittu.

### 5.3.1 Laboratoriokokeiden tulosten käsittely

Laboratoriokokeiden tuloksia verrataan tässä tutkimuksessa kahden aikaisemman tutkimuksen (J. Jokinen 2005 [24] sekä J. Rantamäki 1995 [10] ja [11]) tuloksiin ja tuoteluokkavaatimuksiin tai valmistajan ilmoittamiin arvoihin. Tuloksia vertaamalla on tarkoitus saada selville katemateriaalien ominaisuuksien muutokset eri vuosikymmeninä. Tässä tutkimuksessa kohteet ovat tasan kymmenen vuotta vanhempia kuin vuoden 2005 tutkimuksessa ja tasan 20 vuotta vanhempia kuin vuoden 1995 tutkimuksessa.

Vuoden 2005 tutkimuksessa kohteet oli jaettu neljään ryhmään seuraavasti:

- Vanhat kumibitumikermikatteet: kohteet 1-16
- Vanhat muovibitumikermikatteet: kohteet 17-25
- Uudet kumibitumikermikatteet: kohteet 26-34
- PVC-kermikatteet: kohteet 35-42

Tässä tutkimuksessa kohteita ei jaotella samalla tavalla kuin vuoden 2005 tutkimuksessa. Laboratoriokokeiden tuloksia esittävissä kuvissa kuitenkin esitetään kohteiden tulokset mahdollisuuksien mukaan siten, että näiden kahden tutkimuksen kulkua on helppo seurata. Ensimmäisen ja toisen ryhmän katteiden tulokset esitetään vastaavissa ryhmissä kuin vuoden 2005 tutkimuksessa. Ryhmien 3 ja 4 kohteiden tulokset esitetään samoin kuin vuoden 2005 tutkimuksessa, mutta nyt mukaan otetut uudet kohteet sijoitetaan edellisten lisäksi kuviin. Yhden tutkimuksessa mukana olleen CPE-kermikatteen tulokset esitetään samassa kuvassa PVC-kermikatteiden tulosten kanssa, koska materiaalit ovat ominaisuuksiltaan samankaltaisia, eikä olisi mielekäästä esittää kuvassa vain yhden katteen laboratoriokokeiden tuloksia.

Kaikkien tutkittujen katteiden tuloksia verrataan eri lähteistä saatuihin uusien tuotteiden vaatimuksiin. Bitumikermikatteiden vaatimukset taivutettavuudelle, vetolujuudelle sekä sauman vetolujuudelle on saatu modifioitujen bitumikermien tuoteluokkavaatimuksista [6] (liite 4) ja repäisylujuudelle lähteestä [14]. PVC-kermien vaatimukset on saatu lähteestä [22]. CPE-kermien vaatimukset on saatu lähteestä [28]. Kaikki edellä mainitut vaatimukset koskevat vain yksittäisiä kermejä ja uusia tuotteita. Valmiille monikerroskatteelle ei ole olemassa vaatimuksia. Tässä tutkimuksessa monikerroskatteille on saatu vaatimukset lujuuksien osalta laskemalla siihen käytettyjen kermien vaatimukset yhteen. Tämä on perusteltua, koska verrattaessa yksittäisille kermeille tehtyjen vetolujuuskokeiden tuloksia vastaavista kermeistä tehtyyn katteeseen, saadaan yksittäisten kermien vetolujuuksien summana hyvin tarkasti sama lujuusarvo kuin katteelle. Venymien osalta käytetään yksittäisten kermien vaatimuksia.

Venymien määrittäminen monikerroskatteille, joissa käytettyjen kermien vaatimukset poikkeavat toisistaan, on vaikeaa. Tästä johtuen kyseisten katteiden vetokokeiden tulokset on esitetty erillisissä kuvissa ja vaatimukset on määritetty katteen kermeille erikseen niiden tuoteluokkavaatimusten mukaisesti. Monikerroskatteita, joissa käytettyjen kermien tuoteluokkavaatimukset poikkeavat toisistaan, ovat kohteet 15, 16, 26, 30 ja 33. Erityyppisten ja osin eri-ikäisten katteiden vetokokeiden suuntaa antavat kuvaajat on esitetty liitteessä 5.

Katteiden iän funktiona tehdään vertailut, joissa on mukana uusista tuotteista tehtyjen vertailunäytteiden tulokset. Vertailuissa on mukana kaikki PVC-kermikatteet, CPE-kermikate ja kumibitumikermikatteista sellaiset kohteet, joiden katteiden kermeissä on käytetty vastaavia tukikerroksia kuin vertailunäytteessä. Kumibitumikermikatteista ikävertailussa ovat mukana kohteet: 2, 6, 7, 8, 10, 29, 31, 34, 45 ja 47. Vertailunäytteen tulokset ovat kuvissa vuoden 2014 kohdalla.

Laboratoriokokeiden tulokset ja vertailut 10 sekä 20 vuotta aikaisempien tutkimusten tuloksiin sekä katteille asetettuihin vaatimuksiin on esitetty liitteessä 3. Raportissa on tarkoitus havainnollistaa tutkimustuloksia kuvien avulla ja kertoa tulosten perusteella tehdyistä päätelmistä.

Tuloksia esittävässä kuvissa vaaka-akselilla on merkitty kohteiden numerot, kermien eristysmateriaali sekä tukikerroksen materiaalit. Taulukossa 5.1 on kerrottu kuvissa käytettävistä kermien eristysmateriaalien merkinnöistä ja taulukossa 5.2 kermien tukikerrosten merkinnöistä.

Taulukko 5.1. Tutkimustuloksissa käytettävät eristysmateriaalien merkinnät.

<b>Kermien eristysmateriaali</b>	
<b>Merkintä</b>	<b>Selitys</b>
SBS	Kermin eristysmateriaali on SBS-kumibitumi
APP	Kermin eristysmateriaali on APP-kumibitumi
PVC	Kermin eristysmateriaali on PVC-muovi
CPE	Kermin eristysmateriaali on CPE-muovi

Taulukko 5.2. Tutkimustuloksissa käytettävät tukikerrosten merkinnät.

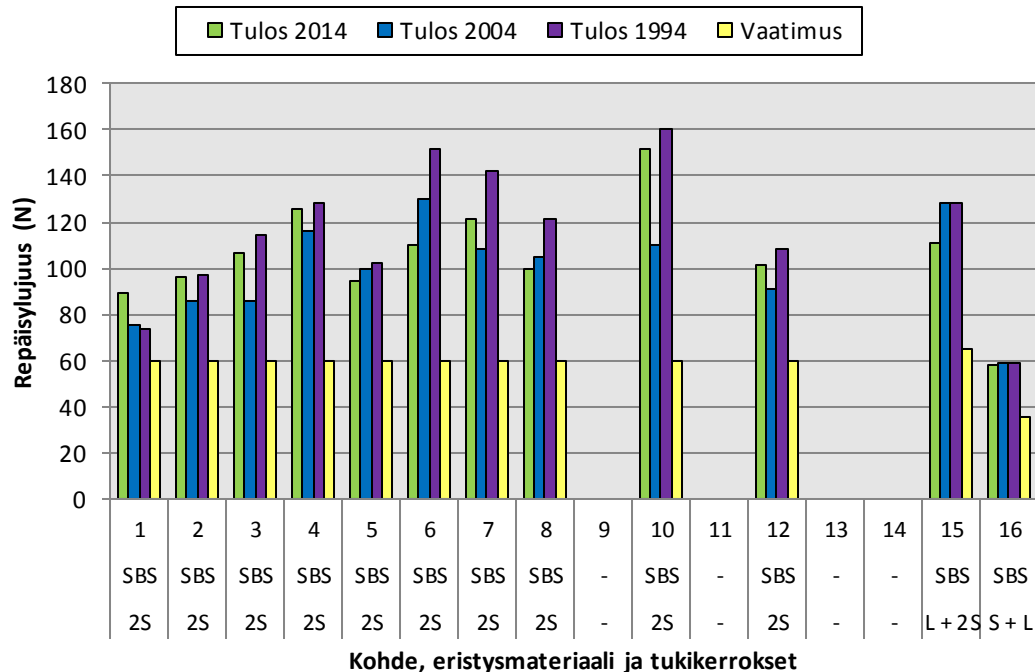
<b>Kermien tukikerrokset</b>	
<b>Merkintä</b>	<b>Selitys</b>
S	Kermin tukikerros on polyesterihuopa
L	Kermin tukikerros on lasikuituhuopa
Lr	Kermin tukikerros on lasikuitureikähuopa
Sv	Kermin tukikerros on polyesteriverkko (polyesterikudos)

Laboratoriokokeiden tuloksia esittävässä kuvissa ja liitteessä 3 kermien tukikerrosten merkinnöissä on pintakermin tukikerros merkitty ensin. Esimerkiksi merkintä L + S tarkoittaa, että pintakermin tukikerros on lasikuituhuopa ja aluskermin polyesterihuopa. Merkintä 2S tarkoittaa, että sekä alus- että pintakermin tukikerros on polyesterihuopa.

Merkinnällä L ja S tarkoitetaan yksikerroskatetta, jonka tukikerros on lasikuituvahvistettu polyesterihuopa. Lasikuitureikähuovan vaikutus on jätetty huomioimatta määrittäessä katteille vaatimuksia. Tarkemmat tiedot tutkimuskohteiden katteista on liitteessä 1.

### 5.3.2 Repäisylujuus

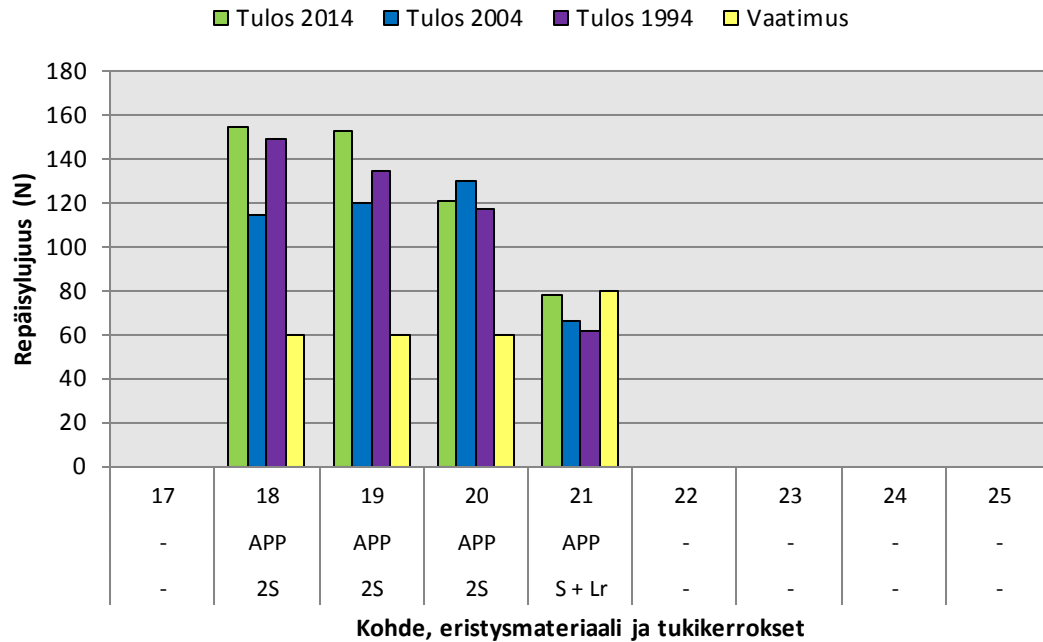
Kuvassa 5.19 on esitetty kohteiden 1-16 repäisylujuuskokeiden tulokset ja vertailu aikaisempien tutkimusten tuloksiin sekä katteille asetettuihin vaatimuksiin.



Kuva 5.19. Kohteiden 1-16 repäisylujuuskokeen tulosten vertailu aikaisempien tutkimusten tuloksiin ja katteille asetettuihin vaatimuksiin.

Kohteiden 1-16 repäisylujuudet olivat keskimäärin noin 7 % pienempiä kuin 20 vuotta aikaisemmin ja noin 7 % suurempia kuin 10 vuotta aikaisemmin. Kohteiden 6, 7, 8 ja 15 arvot ovat pienentyneet yli 10 % 20 vuoden takaiseen verrattuna. Kohteiden 6 ja 15 repäisylujuudet ovat pienentyneet yli 10 % vuoden 2005 tutkimukseen verrattuna. Kaikki katteet kuitenkin ylittävät niille asetetun vaatimuksen selvästi.

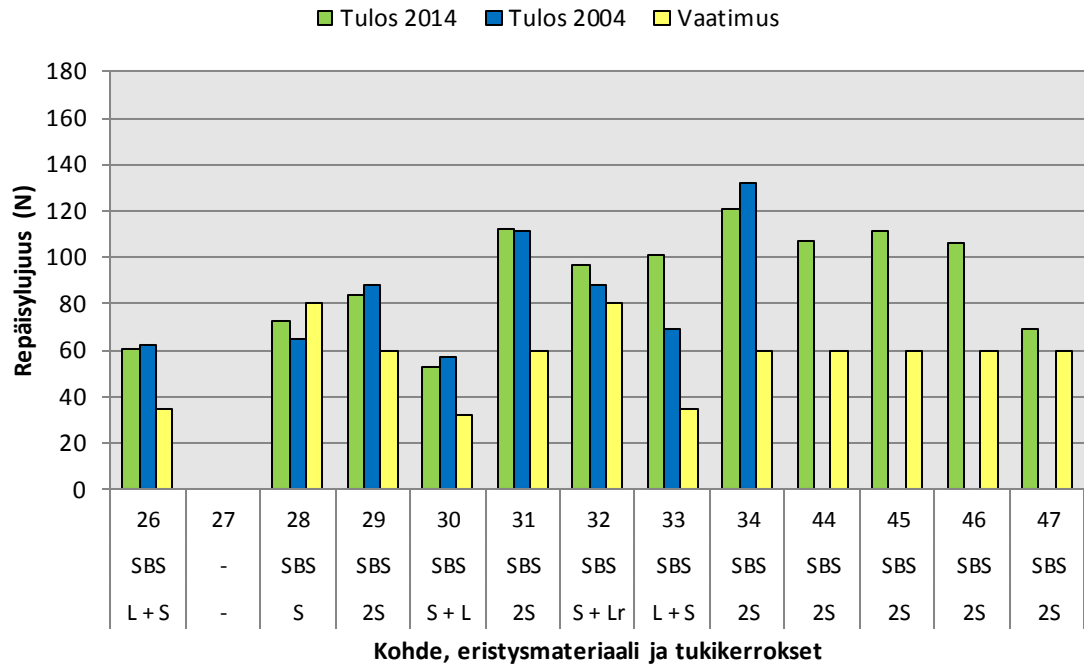
Kuvassa 5.20 on esitetty kohteiden 17-25 repäisylujuuskokeiden tulokset ja vertailu aikaisempien tutkimusten tuloksiin sekä katteille asetettuihin vaatimuksiin.



Kuva 5.20. Kohteiden 17-25 repäisylujuuskokeen tulosten vertailu aikaisempien tutkimusten tuloksiin ja katteille asetettuihin vaatimuksiin.

Kohteiden 17-25 osalta tutkimukseen saatiin nyt mukaan vain neljä kohdetta. Vuoden 2005 tutkimuksessa oli mukana 7 kohdetta. Kohteiden 19 ja 21 lujuusarvot ovat yli 10 % parempia kuin 20 vuotta sitten. Kohteiden 18, 19 ja 21 repäisylujuudet olivat nyt selvästi suuremmat kuin vuoden 2005 tutkimuksessa. Ainoastaan kohteen 21 repäisylujuus ei täytä vaatimusta, kuten ei ole täyttänyt aikaisemmissakaan tutkimuksissa. Kohteiden 18, 19 ja 20 repäisylujuuden arvo ylittää vaatimuksen yli 100 %.

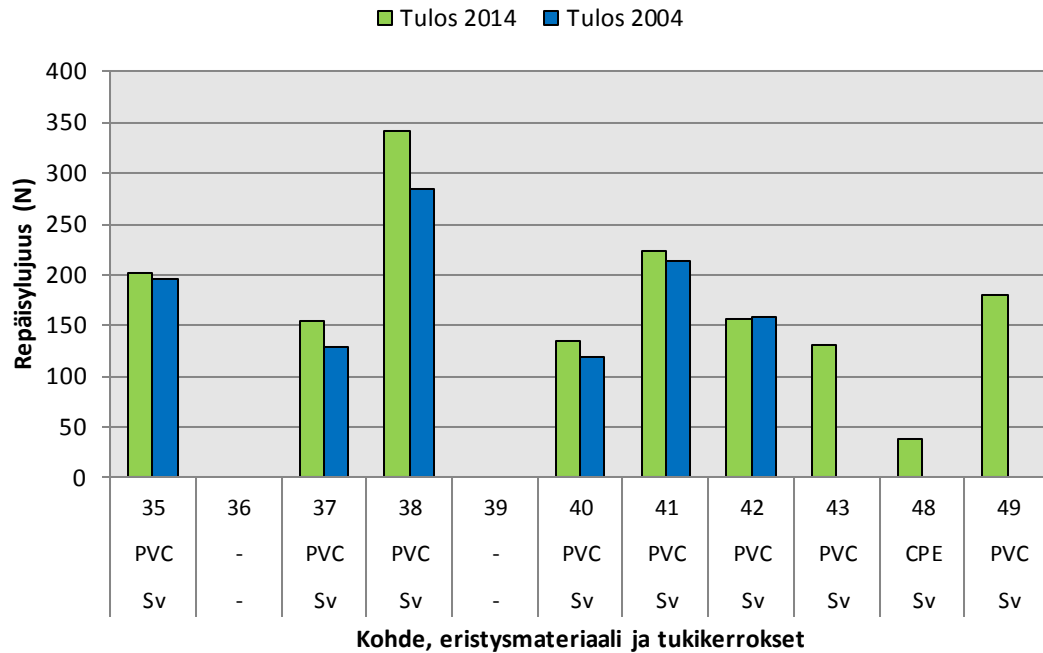
Kuvassa 5.21 on esitetty kohteiden 26 - 34 sekä kohteiden 44 - 47 repäisylujuuskokeiden tulokset ja vertailu aikaisempien tutkimusten tuloksiin sekä katteille asetettuihin vaatimuksiin. Kohteet 44 - 47 ovat tässä tutkimuksessa uusia kumibitumikermejä.



Kuva 5.21. Kohteiden 26 - 34 sekä 44 - 47 repäisylujuuskokeen tulosten vertailu aikaisempien tutkimusten tuloksiin ja katteille asetettuihin vaatimuksiin.

Kaksikerroskatteista kaikki ylittävät repäisylujuusvaatimuksen selvästi. Yksikerroskatteista ainoastaan kohde 28 alittaa vaatimuksen 9 %:lla. Toinen yksikerroskate, kohde 32, ylittää vaatimuksen selvästi. Toisiinsa nähden vertailukelpoisia katteita ovat kohteet 29, 31 ja 34, joista kohteen 29 arvo on selvästi pienin. Kohteen 29 sisätilojen kosteustuotto on erittäin suurta, mikä voi vaikuttaa kohteen katteen repäisylujuutta heikentävästi. Myös kohteen 47 katteen repäisylujuus on hieman heikohko, vaikka se ylittääkin vaatimuksen. Kyseisessä kohteessa ei ollut sisätiloista tulevaa kosteusrasitusta ja katto oli riittävän jyrkkä. Kohteen 33 repäisylujuuden arvoksi saatiin peräti 46 % suurempi kuin 10 vuotta sitten. Syy huomattavasti suurempaan repäisylujuuteen ei selvinnyt.

Kuvassa 5.22 esitetään PVC-kermikatteiden sekä CPE-kermikatteiden repäisylujuuskokeiden tulokset.



Kuva 5.22. Kohteiden 35 – 43 sekä 48 ja 49 repäisylujuuskokeen tulosten vertailu aikaisemman tutkimuksen tuloksiin. PVC-kermikatteille tai CPE-kermikatteille ei ole vaatimuksia kyseisellä testausmenetelmällä. Kohde 48 on ainoa tässä tutkimuksessa mukana oleva CPE-kermikate.

PVC- ja CPE-kermikatteilla täytyy olla suuri repäisylujuus, koska ne kiinnitetään alustaan vain mekaanisia kiinnikkeitä käyttäen. Tästä syystä PVC-kermikatteiden repäisylujuudet olivat keskimäärin huomattavasti suuremmat kuin bitumikermikatteiden. Yleisesti ottaen PVC-kermien osalta nyt saadut testaustulokset ovat hyvin samansuuntaisia edellisen tutkimuksen tuloksien kanssa, eikä repäisylujuudessa ole havaittavissa minkäänlaista alenemista. Tuloksista havaitaan, että kohteen 38 arvo on repäisylujuudeltaan ylivoimaisesti suurin. Kyseinen kohde on myös uusi PVC-kermillä katettu kohde. Kohteessa on uuden tyyppinen tukikerros, joka on otettu käyttöön vuonna 1999. Tässä tukikerroksessa kuidut on kudottu kiinni toisiinsa, kun aikaisemmin käytetyssä tukikerroksessa kuidut menevät keskenään ristiin, eikä niitä ole kudottu toisiinsa.

CPE-kermikatteen repäisylujuus on todella alhainen verrattuna bitumikermiin tai PVC-kermiin. PVC-kermien repäisylujuus oli keskimäärin noin 5 kertaa suurempi kuin CPE-kermikatteen. Kohdekäynnillä ja haastattelusta tuli ilmi, että CPE-kermikaton ongelmat olivat juuri kiinnikkeiden ja kermin saumojen kohdilla. Myös CPE-kermistä otetun vertailunäytteen repäisylujuus oli huono.

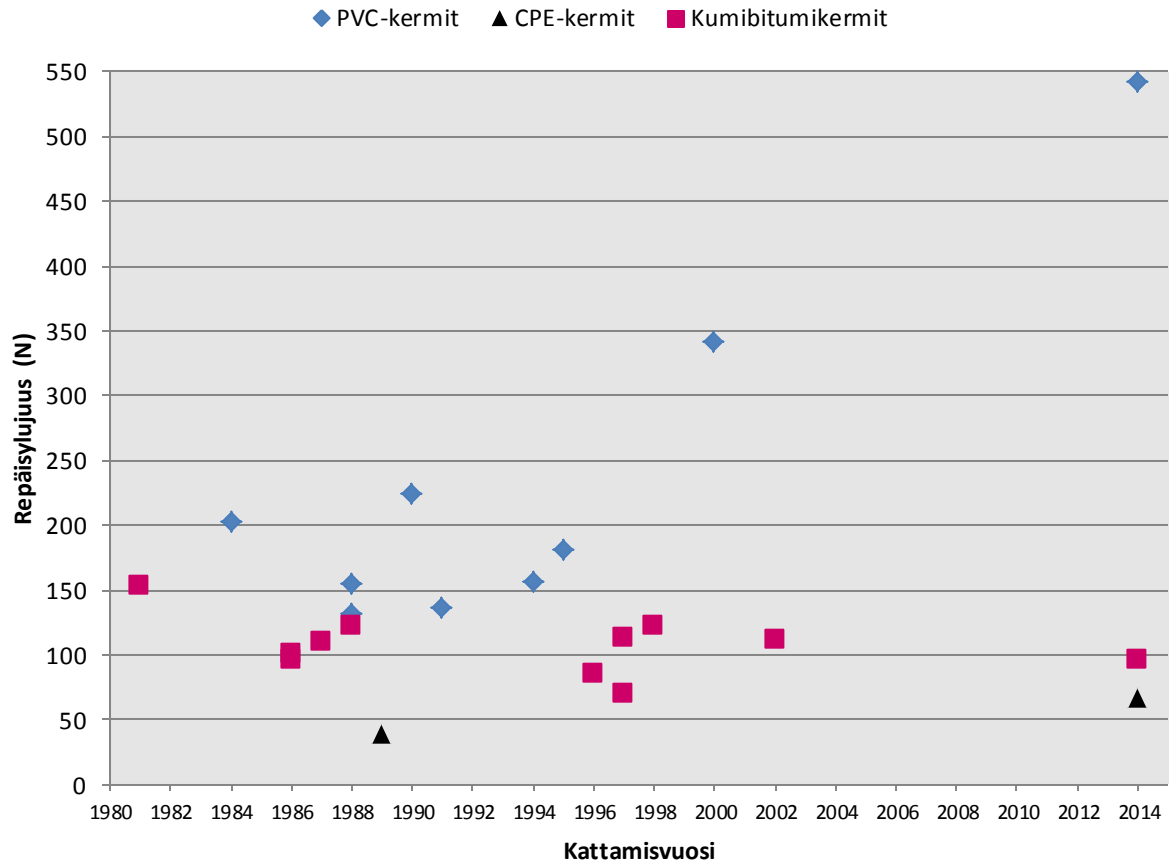
Vanhan bitumikermikaton päälle saneerattaessa on PVC-kermin ja bitumikermien välissä käytettävä laakerointikerrosta, joka voi olla esimerkiksi ohut luja mineraalivilla tai suodatinkangas. Laakerointia tarvitaan, koska materiaalit eivät ole yhteensopivia.

Kohteiden 40 ja 41 repäisylujuudet poikkeavat toisistaan huomattavan paljon, vaikka kattojen ikäero on vain yksi vuosi. Kohteessa 40 alustana on todella pehmeä uritettu



villa. Kohteessa 41 alustana on jäykempi villa ilman uritusta. Kohteen 40 villa on todennäköisesti painunut talvella ja aiheuttanut repäisylujuuden alenemisen.

Kuvassa 5.23 on verrattu kaikkien katteiden repäisylujuuksia sekä vertailunäytteiden repäisylujuuksia katteiden iän funktiona.



Kuva 5.23. PVC- CPE- ja kumibitumikermikatteiden sekä vertailunäytteiden repäisylujuudet iän funktiona. Kuvassa vuoden 1986 kumibitumikermikatteet (2 kappaletta) ovat päällekkäin.

Uusien PVC-kermikatteiden (2000 ja 2014) repäisylujuudet ovat selvästi suurempia kuin vanhempien, mikä johtuu suurimmaksi osaksi uudentyyppisestä tukikerroksesta. Kermien repäisylujuuden mahdollisesta heikkenemisestä ei saada varmuutta, mutta se, etteivät repäisylujuudet olleet lainkaan heikentyneet 10 vuoden aikana, viittaa siihen ettei repäisylujuuden heikkenemistä tapahdu PVC-kermeillä.

Kumibitumikermien repäisylujuudet eivät vaihtelee katteiden iän mukaan. Pienin arvo on vuoden 1996 kohteella (kohde 29). Kyseisen kohteen sisäpuolinen kosteustuotto oli erittäin suurta. Suurin repäisylujuus oli vuoden 1981 kohteella (kohde 10). Tämän kohteen kermiit on liimattu kauttaaltaan alustaan sekä toisiinsa puhalletulla bitumilla. Tästä johtuen liimausbitumin määrä ei kohdissa katetta voi olla erilainen. Liimausbitumin määrän erot voivat näkyä repäisylujuuden vaihteluna. Kyseiselle kohteelle saatiin nyt repäisylujuudeksi 152 N, kun se oli kymmenen vuotta sitten ollut 110 N. 20 vuotta sitten saman kohteen repäisylujuus oli ollut 160 N.

### 5.3.3 Taivutettavuus

Taivutettavuuskoe on tarkoitettu vain yksittäisten kermien ominaisuuksien testaamiseen, eikä sitä tulisi käyttää monikerroskatteiden tutkimiseen. Katteiden taivutettavuuskokeiden tulokset riippuvat paljon kermien välisen liimautumisen kestävydestä ja koekappaleiden paksuudesta. Mikäli paksun näytteen liimautuminen kestää ja kermi pysyvät kiinni toisissaan taivutuksen ajan, taivutuskohtaan muodostuu venymää (teoreettinen laskelma liitteessä 6). Ne katteet, joiden pintakermi tukikerroksena on käytetty lasikuituhuopaa, eivät kestä venymää, vaan tukikerros katkeaa taivutuksessa lämpötilasta riippumatta. Kylmissä lämpötiloissa lasikuitutukikerroksisen pintakermi katkeaminen voitiin havaita selkeämmin. Korkeammissa lämpötiloissa lasikuitutukikerros katkeaa, mutta sen havaitseminen voi olla vaikeampaa kumibitumin jäädessä joissakin tapauksissa ehjäksi tai halkeillessa vain vähän. Polyesteritukikerroksiset kermi kestävät paremmin venymää yhdessä pysyessään, mutta niihinkin voi taivutettaessa syntyä halkeama, koska venymä keskittyy taivutuskohtaan. Puhalletulla bitumilla liimatuille katteille oli tyypillistä se, ettei kermien liimautuminen kestänyt, vaan kermi irtosivat toisistaan kokeen aikana. Tällöin venymää ei muodostu taivutuskohtaan, ja pintakermi säilyi helpommin ehjänä. Vanhojen katteiden kermi oli yleensä liimattu toisiinsa puhalletulla bitumilla, kun taas uudempien kohteiden kermi oli hitsattu toisiinsa kumibitumilla. Kumibitumi kestää hyvin kylmissäkin lämpötiloissa venymää, ja kumibitumilla kiinnitetyt kermi pysyivät pääsääntöisesti kiinni toisissaan. Tästä johtuen monikerroksisten vanhojen kumibitumikermikatteiden taivutettavuuslämpötilat ovat matalampia kuin uudempien. Vanhojen kohteiden tulokset riippuvat paljon siitä, kuinka varhaisessa vaiheessa taivutuskoe kermien liimautuminen rikkoontui, jolloin kermi irtosivat toisistaan ja venymän muodostuminen pintakermiin lakkasi.

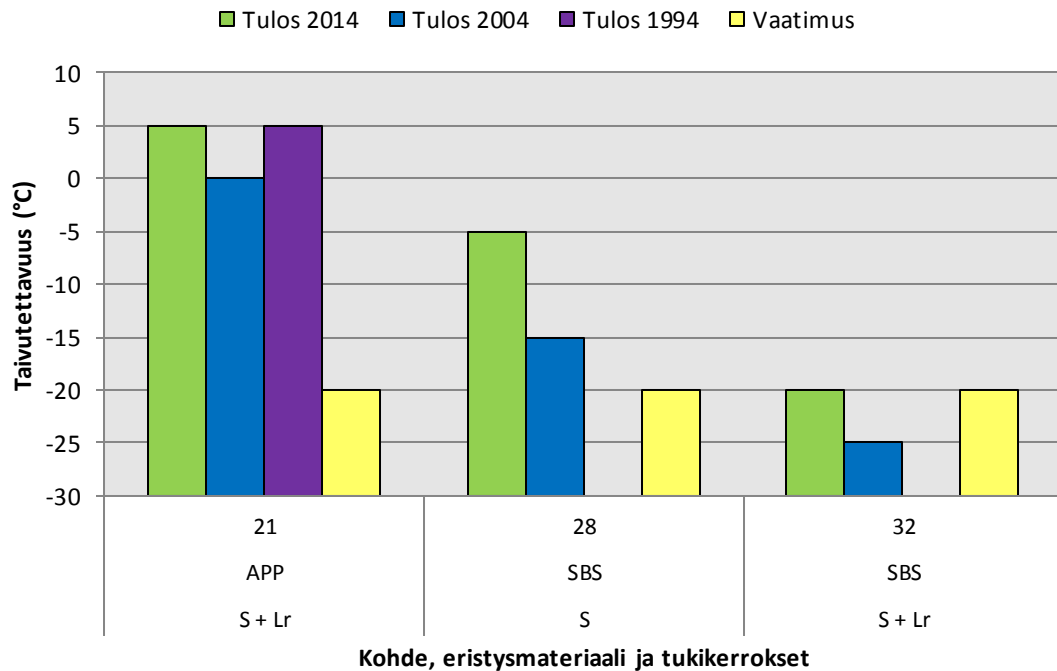
Koekappaleen paksuudella oli merkittävä vaikutus taivutettavuuskokeen tuloksiin. Paksummalla koekappaleella pintakermi yläpintaan muodostui suurempi venymä, jolloin myös halkeaman muodostuminen oli todennäköisempää. Vertailukelpoisempia tuloksia saataisiin muuttamalla taivutussädettä koekappaleen paksuuden mukaan. Kuitenkin epävarmuutta tuloksiin aiheuttaa kermien liimautumisen irtoaminen kokeen aikana.

Vuoden 2005 tutkimuksessa taivutettavuuskoe tehtiin täsmälleen samoin kuin tässä tutkimuksessa. Vuoden 1995 tutkimuksessa taivutettavuuskoe tehtiin kylmän sisällä taivuttamalla koekappaleita käsin, jolloin taivutusnopeus ei ollut vakio. Tuolloin taivutettavuuden tuloksiin on voinut vaikuttaa paljon se, kuinka nopeasti koekappaleita on taivutettu. Erityisesti taivutuksen alkuvaiheessa, kun taipuman alkuunsaamiseksi tarvitaan paljon voimaa, on taivutusnopeus saattanut nousta huomattavan paljon nopeammaksi kuin taivutettavuuskoneella suoritettussa taivutuksessa. Lisäksi vuoden 1995 tutkimuksessa on taivutustelan säde ollut 25 mm. Nyt taivutustelan säteenä käytettiin 15 mmä, jolloin halkaisijaksi tulee 30 mm. Myös vuoden 2005 tutkimuksessa taivutettavuutta testattiin säteellä 15 mm (30 mm halkaisija).

Edellä mainituista testausmenetelmän epäkohdista johtuen taivutettavuuskoe soveltuu vain yksikerroskatteiden testaamiseen. Testaus tehtiin kaikille kohteille, mutta tu-

lokset esitetään vain yksikerroksisten bitumikatteiden osalta. Tulokset siis esitetään vain kohteiden 21, 28, 32 osalta.

Kuvassa 5.24 on esitetty edellä mainittujen kohteiden taivutettavuuslämpötilojen vertailu aikaisempien tutkimusten tuloksiin ja katteille asetettuihin vaatimuksiin. Kaikkien katteiden pintakermit ovat hitsattavia, joten kermin taivutettavuusvaatimus on -20 °C.



Kuva 5.24. Yksikerroksisten bitumikermikatteiden taivutettavuuden vertailu aikaisempien tutkimusten tuloksiin ja katteille bitumikermien tuoteluokkavaatimusten mukaan asetettuihin vaatimuksiin.

Kohde 21 on muovibitumikermikate. Kyseisen kohteen taivutettavuuslämpötila on sama kuin vuoden 1995 tutkimuksessa ja 5 astetta lämpimämpi kuin vuoden 2004 tutkimuksessa. Tulokset ovat hyvin lähellä toisiaan, ja erot voivat tulla testausmenetelmän eroista johtuen. Myös halkeaman tulkinta voi vaikuttaa helposti nyt nähtävän eron verran. Vuoden 1994 tutkimuksessa käytetyssä manuaalisessa taivutuksessa taivutusnopeus voi kasvaa suureksi, joka voi vaikuttaa tulokseen. Nyt taivutettavuuslämpötila testattiin taivutuslaitteistolla, kuten vuoden 2005 tutkimuksessakin, jolloin taivutusnopeus on vakio ja tulokset ovat luotettavampia. Vaatimukseen verrattuna kohteen 21 muovibitumikermien taivutettavuuslämpötila ei täytä vaatimusta.

Kumibitumikermikatteista vain kaksi oli yksikerroskatteita (kohteet 28 ja 32). Toisen kohtaan taivutettavuuslämpötila oli selvästi korkeampi ja toisen sama kuin niille asetettu vaatimus. Tässä tutkimuksessa oli liian vähän yksikerroskatteita, jotta yksistään tämän tutkimuksen perusteella voitaisiin tehdä mitään johtopäätöksiä muovibitumin ja kumibitumin välisestä erosta. Kuitenkin pohjautuen tähän tutkimukseen sekä vuosien 1995 ja 2005 tutkimuksiin, voidaan päätellä, että keskimäärin kumibitumikermi kestävät paremmin taivutusta kylmissä olosuhteissa kuin muovibitumikermi. Taivutetta-

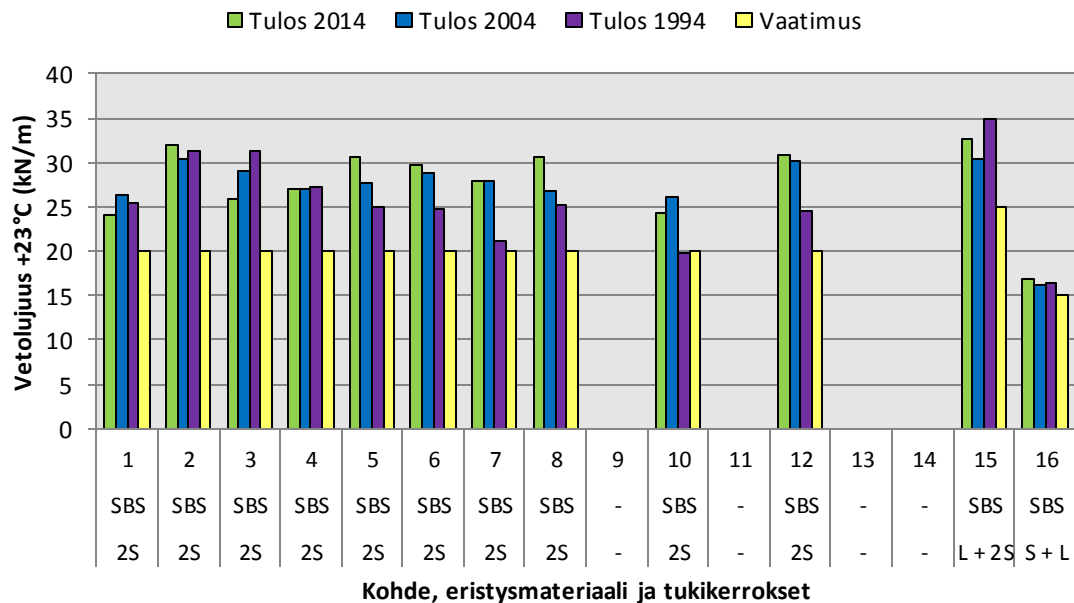
vuuslämpötiloissa on jopa yli kymmenen asteen ero kumibitumikermien ja muovibitumikermien välillä.

Taivutettavuus testattiin myös PVC-kermikatteiden sekä yhden tutkimuksessa mukana olleen CPE-kermikatteen osalta. Kaikki kestivät taivutuksen  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$  lämpötilassa halkeilematta. PVC-kermeille tai CPE-kermeille ei ole vaatimuksia kyseisellä testausmenetelmällä.

### 5.3.4 Vetolujuus ja venymä $+23\text{ }^{\circ}\text{C}$

Katteen pituussuuntainen vetokoe suoritettiin nyt, kuten vuoden 2005 tutkimuksessa, vetonopeudella 100 mm/min standardin mukaisesti. Vuoden 1995 tutkimuksessa käytettiin vetonopeutta 40 mm/min. Vetonopeuden muutos vaikuttaa saatuihin tuloksiin siten, että vetolujuus kasvaa ja venymä pienenee. Erojen suuruutta ei tässä tutkimuksessa selvitetty, kuten tehtiin vuoden 2005 tutkimuksessa. Tuolloin vetokoe tehtiin uudelle tuotteelle (yksittäinen kermi) molemmilla vetonopeuksilla leukojen välin ollessa 200 mm. Viiden koekappaleen keskiarvojen perusteella vetolujuus kasvoi noin 9,0 % ja venymä pieneni noin 10,5 % vetonopeuden kasvaessa. Tämä otetaan huomioon verrattaessa nyt saatuja tuloksia vuoden 1995 tutkimuksen tuloksiin.

Kuvassa 5.25 on esitetty kohteiden 1-16 vetolujuudet sekä niiden vertailut aikaisempien tutkimusten tuloksiin sekä katteille asetettuihin vaatimuksiin.

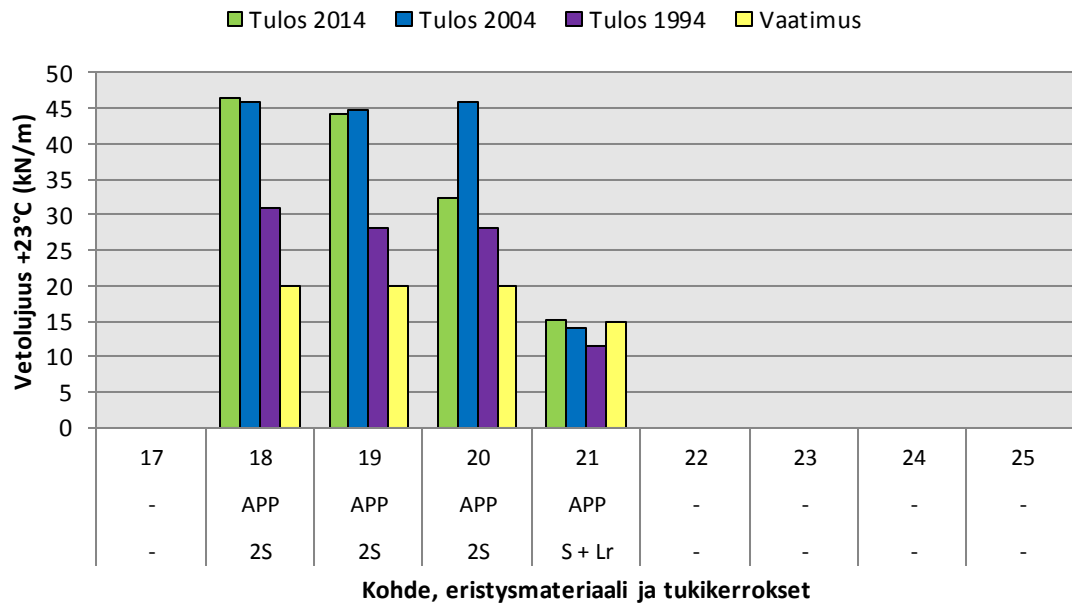


Kuva 5.25. Kohteiden 1-16 bitumikermikatteiden vetolujuuksien vertailu aikaisempien tutkimusten tuloksiin ja katteille bitumikermien tuoteluokkavaatimusten mukaan asetettuihin vaatimuksiin.

Kuvasta havaitaan, että nyt saadut tulokset ovat pääosin suurempia tai suunnilleen yhtä suuria kuin aikaisempien tutkimusten tulokset. Kaikkien kohteiden tulokset ylittävät katteille asetetut vaatimukset. Pienin hajonta on kohteen 4 tuloksissa, jotka ovat selvästi vaatimustason yläpuolella. Verrattuna vuoden 2005 tutkimuksen tuloksiin, koh-

teiden 1 – 16 osalta tulokset ovat parantuneet noin 2 %. Kun verrataan nyt saatuja tuloksia samojen kohteiden osalta vuoden 1995 tutkimukseen, ovat tulokset parantuneet keskimäärin noin 10 %. Näistä lujuuden nousuista ei kuitenkaan voida tehdä johtopäätöksiä.

Kuvassa 5.26 on kohteiden 17-25 vetolujuuksien vertailu aikaisempien tutkimusten tuloksiin ja katteille asetettuihin vaatimuksiin.

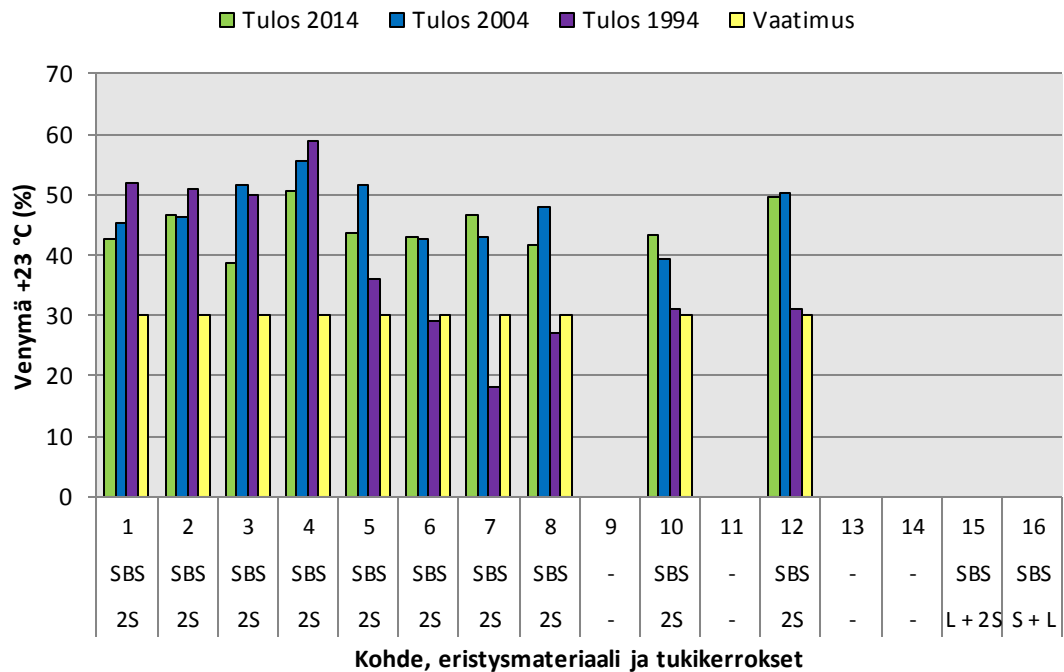


Kuva 5.26. Kohteiden 17–25 bitumikermikatteen vetolujuuksien vertailu aikaisempien tutkimusten tuloksiin ja katteille bitumikermien tuoteluokkavaatimusten mukaan asetettuihin vaatimuksiin.

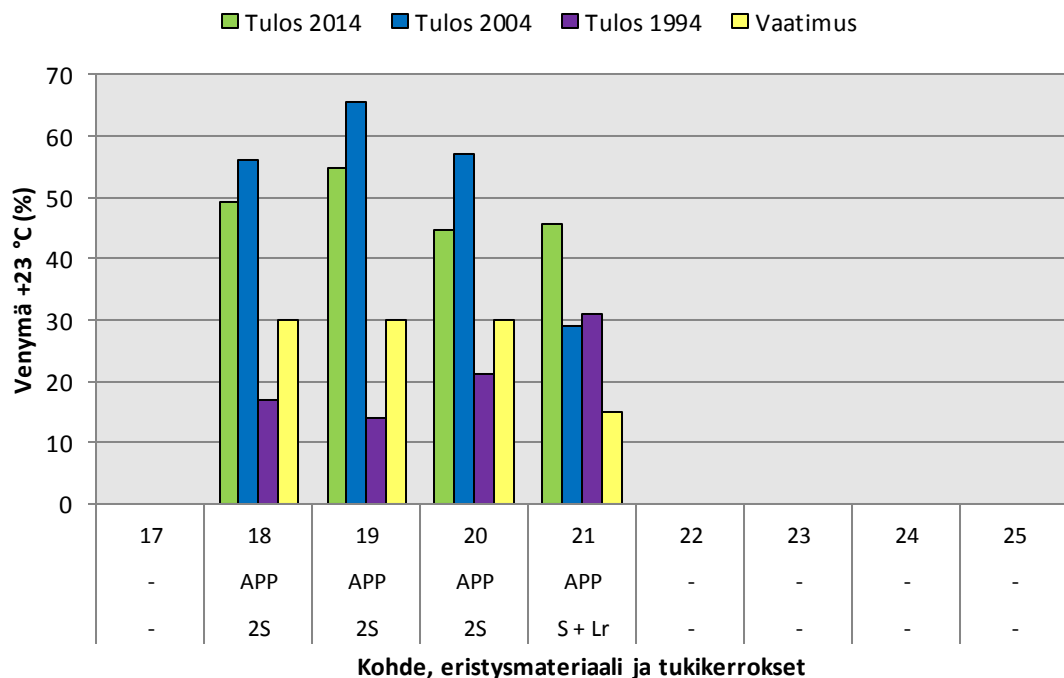
Kohteiden 18 ja 19 vetolujuudet ovat selvästi suuremmat kuin vuoden 1995 tutkimuksessa. Tätä eroa ei voi selittää pelkästään vetonopeuksien erolla. Nyt saatu vetolujuustulos kohteelle 20 on huomattavasti alhaisempi kuin vuoden 2005 tutkimuksessa. Kyseisen kohteen näyte otettiin saman rakennuksen samaan aikaan valmistuneesta katon eri osasta, koska aikaisemmin tutkittu osa oli saneerattu. On mahdollista, että vuonna 2005 kohteen 20 näytteessä on ollut yksi kermikerros enemmän kuin nyt ja vuoden 1995 tutkimuksessa. Kuitenkin ottaen huomioon sen, että APP-muovibitumikermistä valmistetuilla kaksikerroskatteilla vetolujuus on ollut systemaattisesti vuoden 1995 tutkimuksessa huonompi kuin uudemmissa tutkimuksissa, voidaan epäillä myös sitä, että vetonopeuden muutoksen vaikutus kyseisen katetyypin lujuusarvoihin on ollut huomattavasti suurempi kuin nyt on oletettu. Tästä ei voida kuitenkaan tehdä varmaa johtopäätöstä, vaan asiaa täytyisi tutkia enemmän. Toisaalta voidaan arvioida myös näytteenotosta aiheutuneen lujuusarvojen alenemista. Myös kohteen 21 katteen vetolujuus täyttää nyt ensimmäistä kertaa vaatimuksen.

Kuvassa 5.27 on esitetty kohteiden 1-16 venymien vertailu aikaisempien tutkimusten tuloksiin sekä vaatimuksiin. Poikkeuksellisesti kuvassa ei esitetä kohteiden 15 ja 16 venymiä, koska katteissa käytettyjen kermien venymävaatimukset eroavat toisistaan.

Katteissa on siis käytetty sekaisin polyesteritukikerroksellisia ja lasikuitutukikerroksellisia kermejä. Vertailu tehdään tämän tyyppisille katteille (kohteet 15, 16, 26, 30 ja 33) erikseen kuvassa 5.33. Kuvassa 5.28 on esitetty kohteiden 17-25 venymien vertailu aikaisempien tutkimusten tuloksiin sekä vaatimuksiin.



Kuva 5.27. Kohteiden 1-16 bitumikermikatteiden venymien vertailu aikaisempien tutkimusten tuloksiin ja katteille bitumikermien tuoteluokkavaatimusten mukaan asetettuihin vaatimuksiin. Kohteiden 15 ja 16 venymät on esitetty erikseen kuvassa 5.33.



Kuva 5.28. Kohteiden 17-25 bitumikermikatteiden venymien vertailu aikaisempien tut-

kimusten tuloksiin ja katteille bitumikermien tuoteluokkavaatimusten mukaan asetettuihin vaatimuksiin.

Vetonopeuksien erosta johtuen tässä tutkimuksessa saatujen venymien pitäisi olla pienemmät kuin vuoden 1995 tutkimuksessa. Kuvista nähdään, ettei näin ole kaikkien kohteiden osalta. Joidenkin kohteiden venymät ovat huomattavan paljon suurempia kuin vuonna 1995, erityisesti kaksikerroksisten muovibitumikermikatteiden osalta. Myös kohteiden 6-12 osalta havaitaan, että nyt saadut venymän arvot ovat suurempia kuin 1995. Selkeästi uudempia tutkimustuloksia ei voi verrata vuoden 1995 tutkimuksen tuloksiin. Vuoden 1995 tutkimuksessa tapahtui koekappaleiden luistamista leuoista joidenkin kohteiden osalta [10]. Tästä johtuen joidenkin kohteiden venymät ovat pienempiä. Tuolloin koekappaleiden koko oli vain 250 mm x 50 mm ja leukojen väli 200 mm, joten koekappaleet olivat leuoissa kiinni vain 25 mm matkalta. Tämä on todella vähän, ja luistaminen ja leuoista irtoaminen oli hyvin todennäköistä. Vuoden 1995 tutkimuksessa leukojen väliä muutettiin 180 mm:iin, jolloin koekappaleet olivat leuoissa kiinni 35 mm, mikä on edelleen melko vähän. Tällöin ne ovat kuitenkin pysyneet paremmin kiinni leuoissa. Tarkkaa tietoa eri koekappaleiden kiinnityksestä vetokoneen leukoihin ei ole käytettävissä.

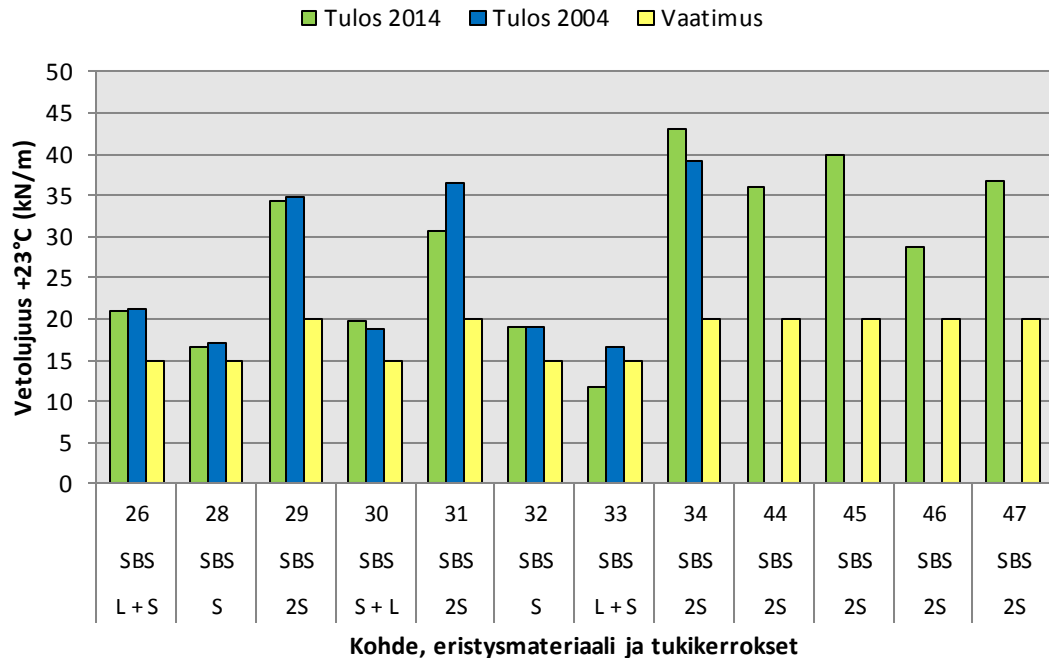
Kohteen 21 katteen tukikerroksena on käytetty sekä polyesteriä että lasikuitua. Kohteen kolmesta venymämittauksesta kahdessa maksimivoima muodostui lasikuituhuovan katkeamiskohtaan, mikä tapahtui pienellä venymällä. Yhdessä mittauksessa maksimivoima muodostui polyesteritukikerroksen katkeamiskohtaan, jolloin venymä oli suuri. Vuoden 1995 tutkimukseen vertaaminen on vaikeaa, koska ei tiedetä tarkasti, miten venymät on määritetty kyseiselle kohteelle. Nyt (kuten vuoden 2005 tutkimuksessa) venymä määritetään polyesteritukikerroksen maksimivoimaa vastaavana venymänä. Kohteen 21 katteen venymäksi saatiin siis 45,7 %, kun kahden mittauksen maksimivoimat olivat 2,12 %:n ja 2,46 %:n kohdilla lasikuitutukikerroksen katkeamiskohdissa. Kolmannesta mittauksesta lasikuitutukikerroksen katkeamista ei voi määrittää, koska se ei näy kuvaajassa samalla tavalla voiman alenemisena kuin kahdessa muussa.

Edellä kerrottujen seikkojen vuoksi vain kohteiden 1-4 katteiden venymiä voidaan verrata keskenään ja molempien aikaisempien tutkimuksien tuloksiin. Muita kohteita voidaan verrata vuoden 2005 tutkimuksen tuloksiin. Kohteiden 1-4 osalta nyt saadut venymät ovat keskimäärin 10 %-yksikköä pienemmät kuin vuoden 2005 tutkimuksessa ja keskimäärin 16 %-yksikköä pienemmät kuin vuoden 1995 tutkimuksessa. Näistä voidaan päätellä, että kermin ikääntyessä sen kimmoisuus heikkenee.

Kohteiden 5-25 osalta saadut tulokset ovat keskimäärin 1,4 %-yksikköä pienemmät kuin vuoden 2005 tutkimuksessa. Kuvista kuitenkin nähdään, että osassa kohteista nyt saatu tulos on suurempi kuin 2005 saatu tulos. Keskimääräisestä tulosten laskusta ei voida tehdä mitään varmaa johtopäätöstä kohteiden 5-25 osalta. Kuitenkin tarkasteltaessa kohteita 18-20 huomataan APP-muovibitumikermien venymien pienentyneen keskimäärin 17 %-yksikköä. Tämä viittaa vahvasti siihen, että muovibitumikermikatteiden venymäominaisuudet heikkenevät huomattavasti nopeammin kuin kumibitumikermien.

Kuitenkin myös muovibitumikermikatteiden venymät ovat keskimäärin 48,6 %, mikä on selvästi yli vaatimuksen.

Kuvassa 5.29 on esitetty kohteiden 26 - 34 sekä 44 - 47 vetolujuuksien vertailu aikaisempien tutkimusten tuloksiin sekä vaatimuksiin.



Kuva 5.29. Kohteiden 26 - 34 ja 44 - 47 bitumikermikatteiden vetolujuuksien vertailu aikaisempien tutkimusten tuloksiin ja katteille bitumikermien tuoteluokkavaatimusten mukaan asetettuihin vaatimuksiin.

Kuvasta nähdään, että kaikki katteet ylittivät niille asetetut vaatimukset kohdetta 33 lukuun ottamatta. Kaksikerroksiset kumibitumikatteet (kohteet 29, 31, 34, 44 - 47) ylittivät vaatimuksen selvimmin. Osa näistä katteista ylitti vaatimuksen jopa kaksinkertaisesti. Kohteiden 26 - 34 osalta nyt saadut lujuusarvot ovat keskimäärin noin 4 % pienempiä kuin vuoden 2005 tutkimuksessa mitatut.

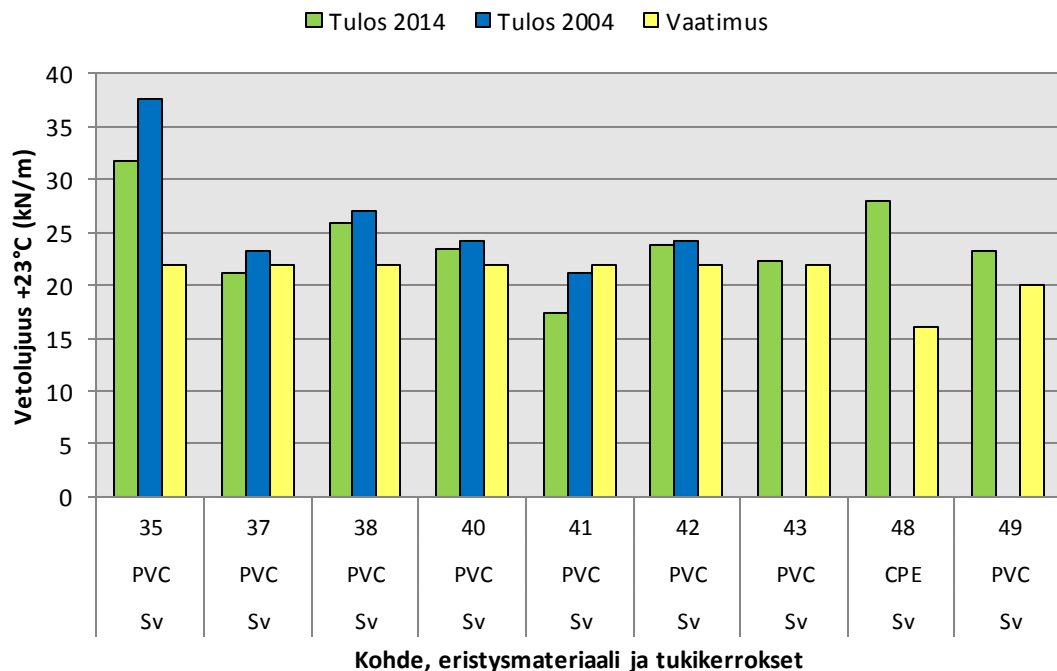
Kohteiden 26, 30 ja 33 osalta ainakin toisessa tukikerroksessa on käytetty lasikuituhuopaa. Kohteessa 26 suurin lujuus mitattiin lasikuitutukikerroksisen kermin katkeamiskohdassa. Kohteessa 30 suurin lujuus mitattiin polyesteritukikerroksisen kermin ja samalla koko kateen katkeamiskohdassa. Kohteessa 33 yksi kolmesta mittauksesta antoi suurimman lujuusarvon lasikuitutukikerroksisen kermin katkeamiskohdassa 2,3 % venymällä, kun taas kahdesta muusta mittauksesta saatiin suurin lujuus hieman ennen polyesteritukikerroksisen kermin katkeamiskohtaa. Suurimpia lujuuksia vastaavat venymät olivat 15,3 % ja 21,6 %, kun vastaavat murtovenymät olivat 21,2 % ja 24,4 %. Tällaiset asiat tekevät tulosten tulkinnasta haastavaa, mutta tässä tutkimuksessa kohteen vetolujuudeksi on valittu aina suurin mitattu vetolujuus riippumatta siitä, missä kohtaa vetokuvaajan käyrää maksimivoima havaittiin. Tällaisissa kohteissa vetolujuusarvojen vertailu on kyseenalaista, koska lujuus riippuu paljolti kermien yhteistoiminnasta. Mikäli lasikuitutukikerroksellinen kermi katkeaa hyvin varhaisessa vaiheessa, ei polyesteri-



tukikerrokselliseen huopaan ole vielä ehtinyt syntyä venymää ja sitä kautta jännitystä. Tämä ilmeni joillakin katoilla myös ryppyinä katteessa. Lämpöliikkeiden ja alustan liikkeen vaikutuksesta kermien on pakko liikkua jonkin verran. Erilaisia tukikerroksia käytettäessä katteeseen syntyy sisäisiä jännityksiä, jotka voivat aiheuttaa katteeseen ryppyjä.

Yksikerroskatteiden (kohteet 28 ja 32) vetolujuudet ylittivät niille asetetut vaatimukset. Nyt saadut lujuusarvot ovat hyvin lähellä vuoden 2005 tutkimuksessa saatuja arvoja.

Kuvassa 5.30 on esitetty kohteiden 35–43 sekä 48 - 49 vetolujuuksien vertailu aikaisempien tutkimusten tuloksiin sekä vaatimuksiin.

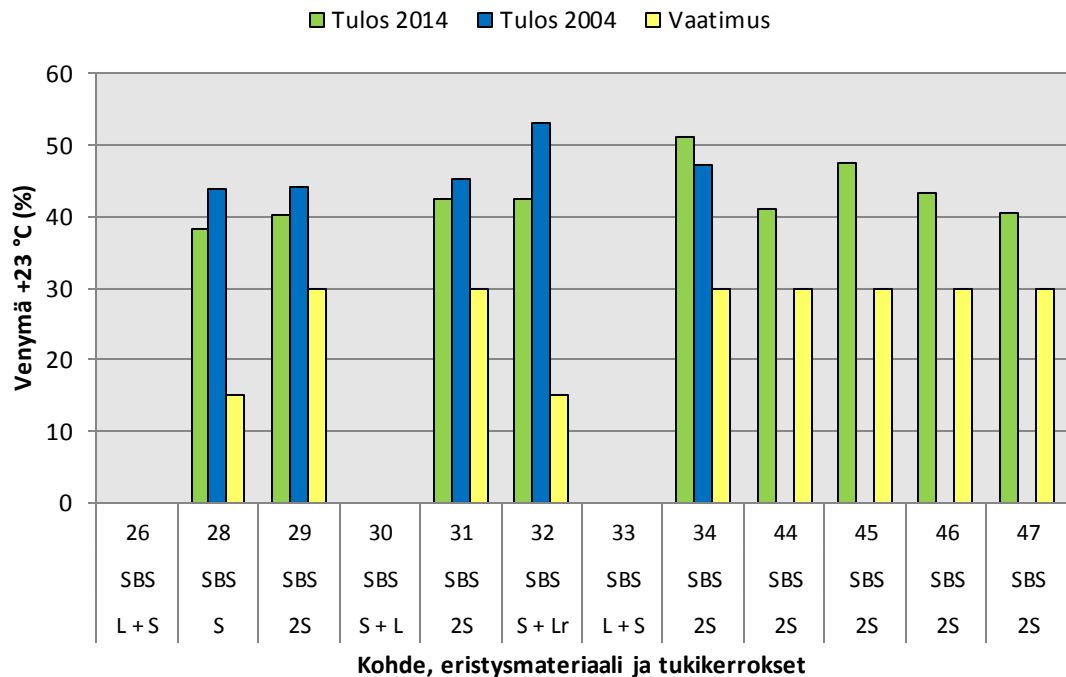


Kuva 5.30. Kohteiden 35 - 43 ja 48 - 49 yksikerroskatteiden vetolujuuksien vertailu aikaisempien tutkimusten tuloksiin ja katteille eri lähteistä saatuihin vaatimuksiin. PVC-kermikatteiden vaatimukset on saatu lähteestä [22] ja CPE-katteen vaatimukset on saatu lähteestä [28].

Vain kaksi PVC-katetta alittaa vaatimuksen, kohteet 37 ja 41. Kohteen 41 kohdalla alitus on 21 %. Muiden PVC-kermikatteiden vetolujuudet ovat hyvin lähellä vaatimusta, lukuun ottamatta kohdetta 35, jonka vetolujuus ylittää vaatimuksen 44 %. PVC-kermikatteiden vetolujuuksien keskiarvo on 23,6 kN/m, ja vetolujuuksien keskiarvo ylittää vaatimuksen 7 %:lla. Tuloksista huomataan, että kaikkien kohteiden vetolujuusarvot ovat nyt hieman matalammat kuin vuoden 2005 tutkimuksessa. Tämä systemaattinen vetolujuuden alenema viittaa siihen, että PVC-kermien vetolujuusominaisuudet saattavat heikentyä ajan kuluessa.

Tutkimuksessa mukana olleen ainoan CPE-kermikatteen vetolujuus ylittää sille asetetun vaatimuksen 75 %:lla. Otokseen ollessa pieni ei tämän perusteella voi tehdä joh-topäätöksiä.

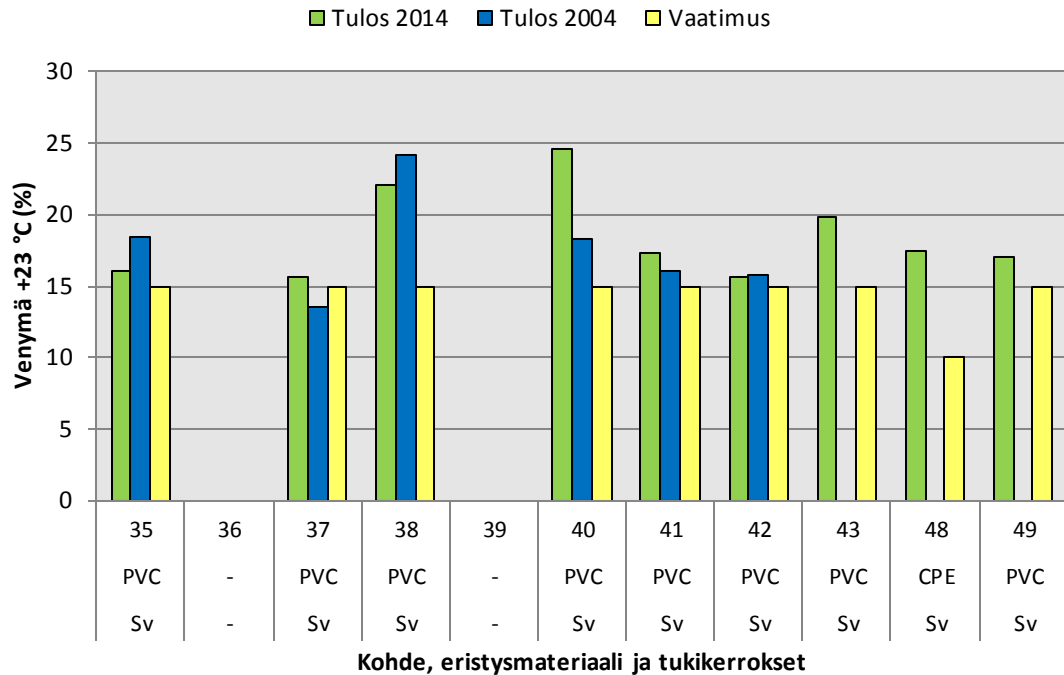
Kuvassa 5.31 on esitetty kohteiden 26 - 34 ja 44 - 47 venymien vertailu aikaisempien tutkimusten tuloksiin sekä vaatimuksiin. Kohteiden 26, 30 ja 33 venymät esitetään erikseen kuvassa 5.33, koska niiden kermien venymävaatimukset poikkeavat toisistaan.



Kuva 5.31. Kohteiden 26 – 34 ja 44 - 47 bitumikermikatteiden venymien vertailu aikaisempien tutkimusten tuloksiin ja kanteille bitumikermien tuoteluokkavaatimusten mukaan asetettuihin vaatimuksiin. Kohteiden 26, 30 ja 33 venymät esitetään erikseen kuvassa 5.33.

Kuvasta nähdään, että kaikkien katteiden venymät ylittävät selvästi niille asetetut vaatimukset. Neljän kohteen venymä viidestä edellisessä tutkimuksessa mukana olleesta kanteesta on hieman huonontunut. Keskimäärin venymä on alentunut näiden neljän kohteen osalta noin 12 %. Kaikkien viiden vanhan kohteen perusteella venymä on heikentynyt keskimäärin noin 8 %. Venymien tulokset ovat melko hyvin linjassa toistensa kanssa, lukuun ottamatta kohdetta 34, jonka venymä oli 51,2 %. Tutkittujen kohteiden perusteella voidaan olettaa, että kumibitumikermien venymäominaisuudet heikkenevät jonkin verran ajan kuluessa.

Kuvassa 5.32 on esitetty kohteiden 35 - 43 ja 48 - 49 venymien vertailu aikaisempien tutkimusten tuloksiin sekä vaatimuksiin.

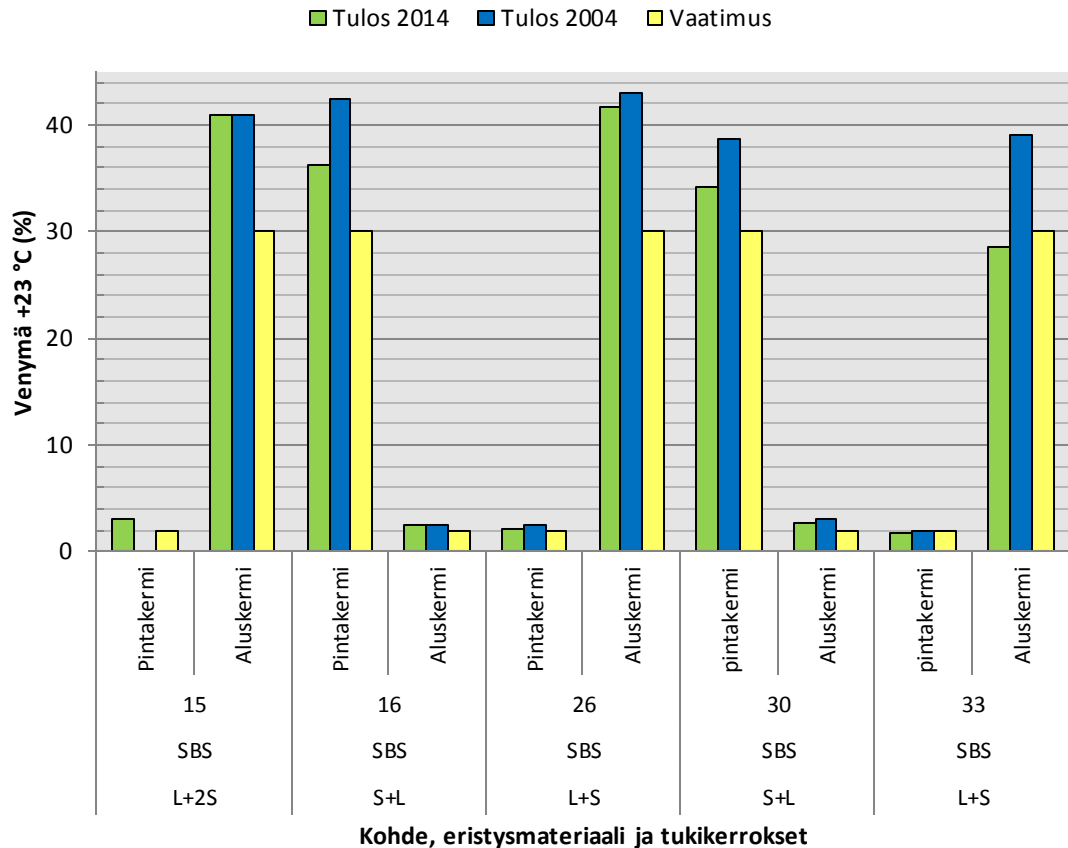


Kuva 5.32. Kohteiden 35 – 43 ja 48 - 49 muovikermikatteiden venymien vertailu aikaisempien tutkimusten tuloksiin ja katteille eri lähteistä saatuihin vaatimuksiin. PVC-kermikatteiden vaatimukset on saatu lähteestä [22] ja CPE-katteen vaatimukset on saatu lähteestä [28].

Kuvasta nähdään, että kaikkien kohteiden venymät täyttävät niille asetetut vaatimukset. CPE-muovikermien venymä on hyvin tarkasti samaa suuruusluokkaa kuin PVC-muovikermien venymät.

Sellaisten bitumikermikatteiden, joiden kermeissä on käytetty sekä lasikuituhuopaa että polyesterihuopaa, vertaaminen erikseen muista kohteista, on perusteltua, koska niiden toimintatapa on selvästi erilainen kuin sellaisten kattojen, joiden tukikerrokset ovat samat. Lasikuitutukikerroksisen bitumikermien venymä on yleensä vain noin 3 % luokkaa, kun taas polyesteritukikerroksisen venymä on yleensä noin 40 – 50 %. Lasikuitutukikerros siis vastustaa venymän syntymistä, kun taas polyesteritukikerros sietää suuria venymiä. Sellaisen kattojen, jossa on molempia tukikerroksia, 2 % venymän saavuttamiseksi tarvitaan huomattavan paljon suurempi vetojännitys kuin sellaisen kattojen, jossa on vain polyesteritukikerrosta. Erilaisten kermikatteiden kateeratkaisujen suuntaantavat vetolujuus-venymä-kuvaajat on esitetty liitteessä 5.

Kuvassa 5.33 on esitetty sellaisten kattojen (kohteet 15, 16, 26, 30 ja 33), joissa käytettyjen kermien venymävaatimukset eroavat toisistaan, venymät ja niiden vertailut aikaisempien tutkimusten tuloksiin sekä kermeille asetettuihin vaatimuksiin.



Kuva 5.33. Kohteiden 15, 16, 26, 30 ja 33 bitumikermikatteiden venymien vertailu aikaisempien tutkimusten tuloksiin ja katteiden kermeille erikseen bitumikermien tuoteluokkavaatimusten mukaan asetettuihin vaatimuksiin.

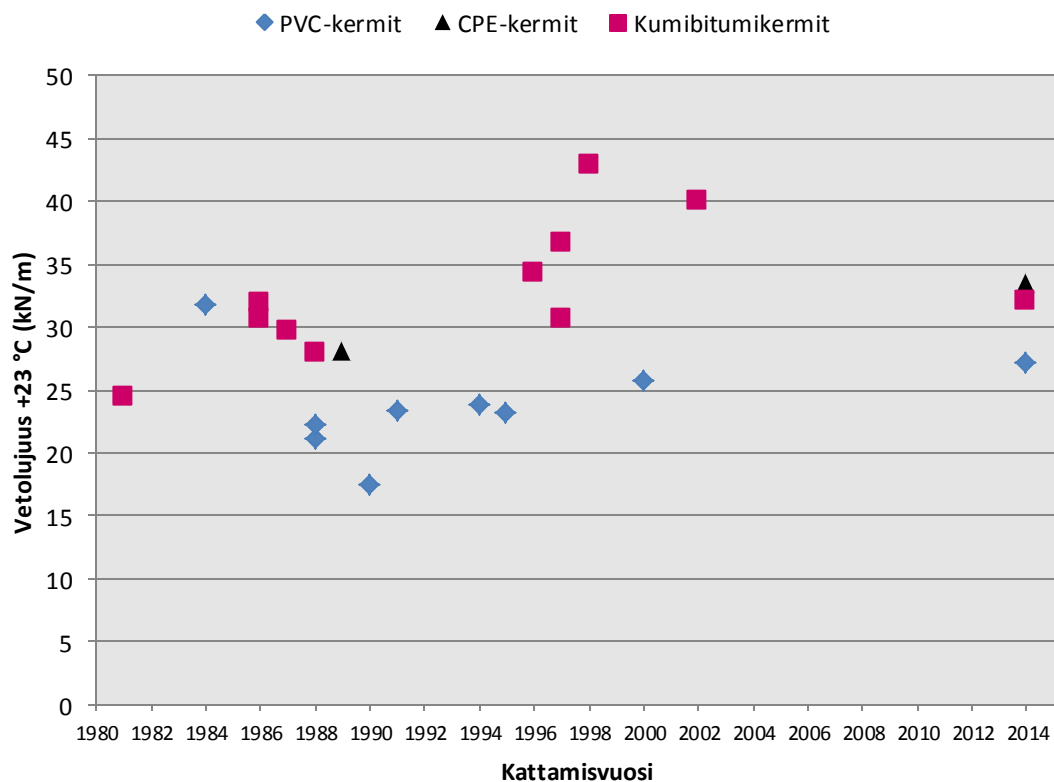
Vuoden 2005 tutkimuksessa käytetyt venymät on jouduttu arvioimaan kyseisen tutkimuksen raportissa esitetystä kuvasta, jolloin arvot eivät ole kovin tarkat. Nyt saadut venymien arvot on katsottu vetolaitteen piirtämästä kuvaajasta tai saatu suoraan vetolaitteen antamasta maksimivetovoimasta. Arvioidut venymät eivät ole aivan tarkkoja, mutta ne ovat riittävän tarkkoja vertailun tekemiseen. Kohteen 15 osalta oli vaikeaa nähdä kuvaajasta pintakermien katkeamiskohta, koska kyseessä oli kolmikerroskate, jossa oli pintakermien alla kaksi polyesteritukikerroksellista kermiä. Näin ollen katkeamiskohtaan ei muodostunut selvää voiman maksimikohtaa, vaan katkeamisen arvioitiin tapahtuneen siinä kohdassa, missä voima-venymä-käyrän kulmakerroin on puolivälissä ennen katkeamiskohtaa ja sen jälkeen olevia kulmakertoimia. Arviointi on tehty silmämääräisesti.

Kaikkien kohteiden lasikuitutukikerroksellisten kermien venymät ovat parempia kuin vaatimus, lukuun ottamatta kohdetta 33. Kyseisessä kohteessa venymäksi arvioitiin 1,8 %.

Myös kaikkien polyesteritukikerroksellisten kermien venymät ylittivät vaatimuksen lukuun ottamatta kohdetta 33. Kohteessa 33 saatiin kolmella vetolujuus- ja venymäkoella kolme aivan erilaista voima-venymä-kuvaajaa. Ensimmäisen näytteen maksimi-

voima on lasikuitutukikerroksellisen kermin katkeamiskohdassa. Muissa kahdessa näytteessä maksimivoima on jonkin verran enne katteen katkeamista. Voimaa kuvaava käyrä laskee 10 % venymän kohdalla jonkin verran, ja nousee taas suuremmilla venymillä. Ensimmäisen näytteen murtovenymä on 40,1 %, kun toisen murtovenymä on 21,2 % ja kolmannen 24,4 %. Kohteen murtovenymä on siten 28,6 %, mikä alittaa sille asetetun vaatimuksen niukasti. Erilaisen tukikerroksen katkettua saattaa ehjiin kermeihin kohdistua epätasaista vetojännitystä, eli jännityspiikkejä niille alueille, joista kermi on jo katkenut. Tämä voi aiheuttaa hyvin epähomogeeniset tulokset. Edellä mainituista syistä polyesteritukikerroksien venymien arvoja ei voida vertailla keskenään.

Kuvassa 5.34 on verrattu katteiden ja vertailunäytteiden vetolujuuksia iän funktiona.

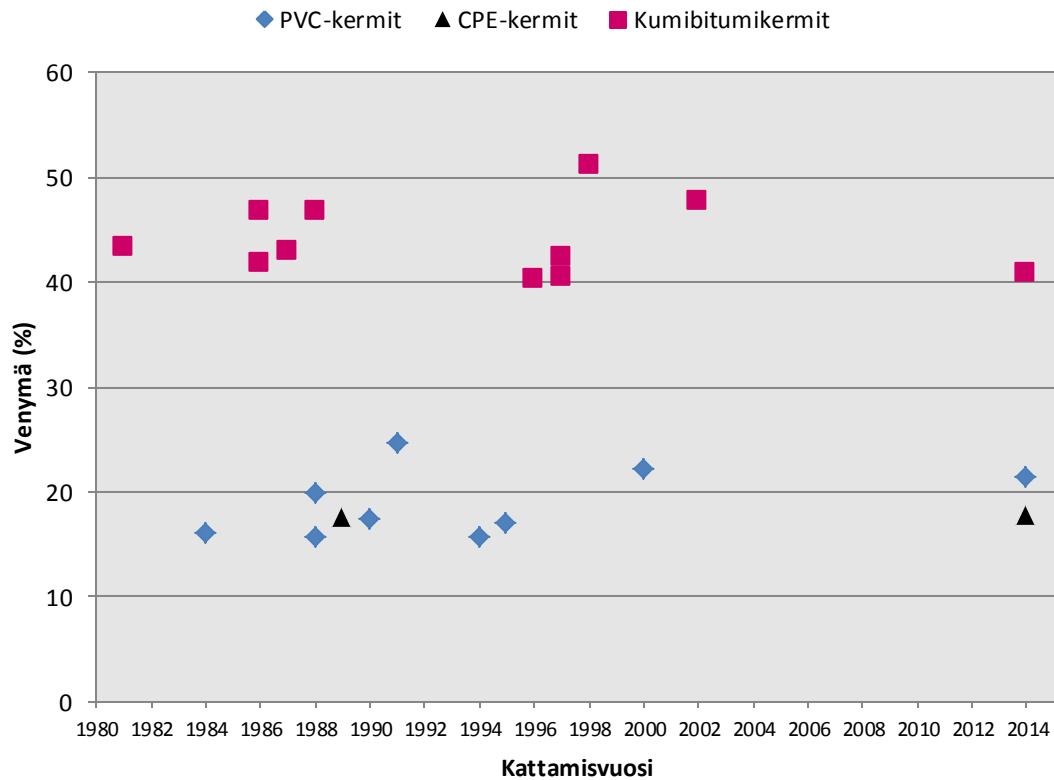


Kuva 5.34. PVC- CPE- ja kumibitumikermikatteiden sekä vertailunäytteiden vetolujuudet iän funktiona.

Uudenpien kumibitumikermikatteiden vetolujuudet ovat keskimäärin hieman suurempia kuin vanhempien. Vuoden 2005 tutkimuksessa vastaavaa lujuuden nousua oli arvioitu johtuvan bitumikermien kiinnitystavasta. Vanhojen kohteiden kermi on kiinnitetty toisiinsa puhalletulla bitumilla liimaamalla, kun taas uudempien kohteiden kermi on hitsattu toisiinsa kumibitumilla. Kuvan perusteella hitsaamalla katteen kermi yhteen saadaan katteelle suurempi vetolujuus kuin liimaamalla kermi puhalletulla bitumilla. Ero puhalletulla bitumilla liimattujen katteiden ja kumibitumilla hitsattujen katteiden lujuudessa pitäisi olla paremmin nähtävissä kylmässä suoritettussa vetokokeessa, jonka tulokset käsitellään luvussa 5.3.6.

PVC-kermikatteiden osalta ei ole havaittavissa selkeää eroa uudempien ja vanhempien kattojen välillä. Vanhimman PVC-kermikatteen vetolujuus oli suurin, mikä johtuu vahvemmassa tukikerroksesta. Verrattuna aikaisempaan tutkimukseen ei ole havaittavissa PVC-kermikatteiden lujuuden heikkenemistä.

Kuvassa 5.35 on verrattu kattojen ja vertailunäytteiden venymää iän funktiona.



Kuva 5.35. PVC- CPE- ja kumibitumikermikatteiden sekä vertailunäytteiden venymien vertailu iän funktiona.

Kuvasta havaitaan, että kumibitumikermikatteiden venymät ovat yleisesti selvästi vaatimustasoa korkeammat. Kumibitumikermikatteiden venymissä ei kuitenkaan ole selvästi nähtävissä muutoksia ajan kuluessa. Tavallisessa huoneenlämmössä kaikkien kumibitumikermien venymät ovat hyviä.

Vuoden 2005 tutkimuksessa esitettiin oletamus, että PVC-kermien materiaali saattaa hieman haurastua iän myötä. Kuvien 5.30 ja 5.35 perusteella voidaan sanoa oletuksen olevan tosi. Kuvien perusteella on nähtävissä se, että PVC-kermien venymäominaisuus heikkenee iän kasvaessa.

CPE-kermien osalta ei voida otoskoon pienyydestä johtuen tehdä mitään johtopäätöksiä.

### 5.3.5 Sauman vetolujuus

Sauman vetolujuus on tuoteluokkavaatimuksissa vain yksikerroskattoille. Kaksikerroskattojen osalta tehdään oletamus, että sauman kohdan tulee olla yhtä vahva kuin muu kate. Tällöin sauman vetolujuutta voidaan verrata kermien rullasuuntaa vastaan koh-

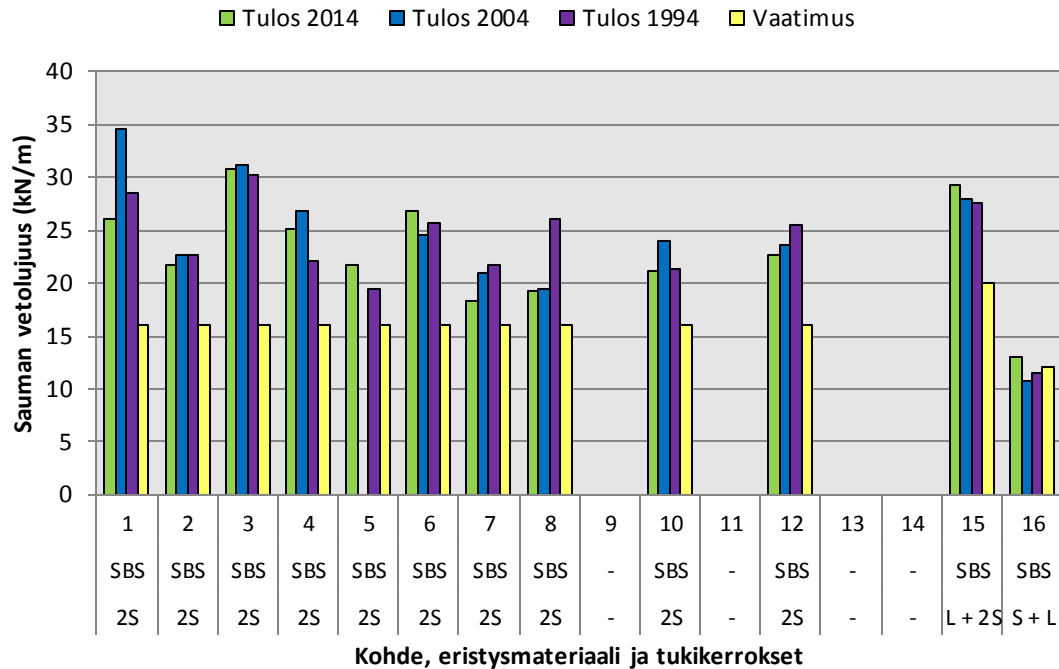
tisuoran suunnan eli poikittaisen suunnan vetolujuuden vaatimukseen, joka saadaan las-kemalla yhteen katteen bitumikermien tuoteluokkavaatimukset. Yksikerroskatteille vaa-timukset saadaan suoraan sauman vetolujuusvaatimuksesta. Lähteen [14] mukaan muo-vikermien saumojen lujuuden on oltava vähintään perusmateriaalin lujuus. PVC-kermien ja CPE-kermien osalta sauman vetokokeessa murtumisen tulee tapahtua sau-man ulkopuolelta. Näille katteille käytetään vaatimuksena kermin poikkisuuntaisen ve-tolujuuden vaatimusta.

Sauman vetokokeen osalta venymiä ei vertailla eikä niitä ilmoiteta tutkimustuloksis-sa. Sauman venymälle ei ole olemassa tuoteluokkavaatimusta. Myös koekappaleiden toimintatapa sauman vetokokeessa vaihtelee siten, ettei venymiä ole järkevää vertailla. Koekappaleessa on mukana paksumpi saumakohta, joka ei veny yhtä paljon kuin sau-man ulkopuolella oleva ohuempi kohta. Tällöin sauman vetokokeessa venymä keskittyy sauman ulkopuolisille osille. Tämän lisäksi on huomioitava se, että toisissa koekappa-leissa saumaa voi olla jopa 150 mm, kun taas toisissa saumaa on vain 100 mm. Näin ollen mitattu venymä riippuu paljon sauman todellisesta leveydestä. Lisäksi bitumi-kermikatteilla sauma voi murtua eri tavoin, tai murtotapojen yhdistelminä. Tavallisesti bitumikermikatteet murtuivat sauman ulkopuolelta, mutta joissakin tapauksissa sauma saattoi liukua jonkin verran ennen katkeamista.

Tässä tutkimuksessa (kuten vuoden 2005 tutkimuksessa) käytettiin vetonopeutena 100 mm/min. Leukojen väli alussa oli 200 mm, ja koekappaleiden mitat 300 mm x 50 mm. Vuoden 1995 tutkimuksessa vetonopeus oli 40 mm/min. Tuolloin leukojen väli kokeen alussa oli 150 mm ja koekappaleiden mitat 250 mm x 50 mm. Testauksessa käy-tettyjen vetonopeuden ja leukavälin muutoksien vaikutusta sauman vetolujuuteen ei ole arvioitu.

Kuvassa 5.36 on kohteiden 1-16 sauman vetolujuuksien vertailu aikaisempiin tutki-muksiin sekä katteille asetettuihin vaatimuksiin.

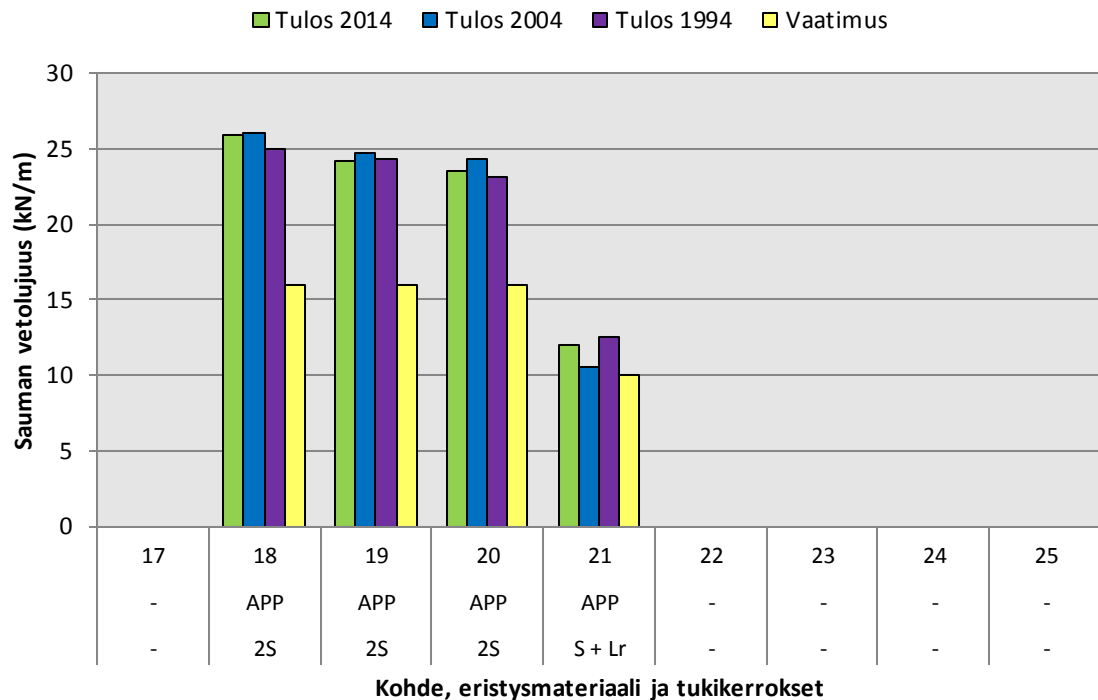




Kuva 5.36. Kohteiden 1 - 16 bitumikermikatteiden sauman vetolujuuksien vertailu aikaisempien tutkimusten tuloksiin ja katteille bitumikermien tuoteluokkavaatimusten mukaan asetettuihin vaatimuksiin.

Kuvasta nähdään, että kaikkien kattojen saumojen vetolujuudet ylittävät vaatimuksen. Nyt saadut tulokset ovat hyvin lähellä vuoden 1995 tutkimuksen tuloksia. Vain kohteen 8 osalta tuloksissa on merkittävä ero. Kyseisen kohteen sauman vetolujuudeksi on mitattu vuoden 2005 tutkimuksessa lähes sama arvo kuin nyt. Tulosten vaihtelu voi johtua näytteenottokohdasta. Kohteen 1 osalta nyt saatu sauman vetolujuuden arvo on huomattavasti heikompi kuin vuoden 2005 tutkimuksessa saatu arvo. Myös tämä voi johtua näytteenottokohdasta. Ottaen huomioon tämän tutkimuksen ja vuoden 1995 tutkimuksen vetokokeen erot, tutkimustulokset ovat hyvin vertailukelpoisia. Pääsääntöisesti kohteiden 1-16 osalta sauman vetolujuuksissa ei havaita mitään trendiä, jonka perusteella voitaisiin tehdä johtopäätöksiä.

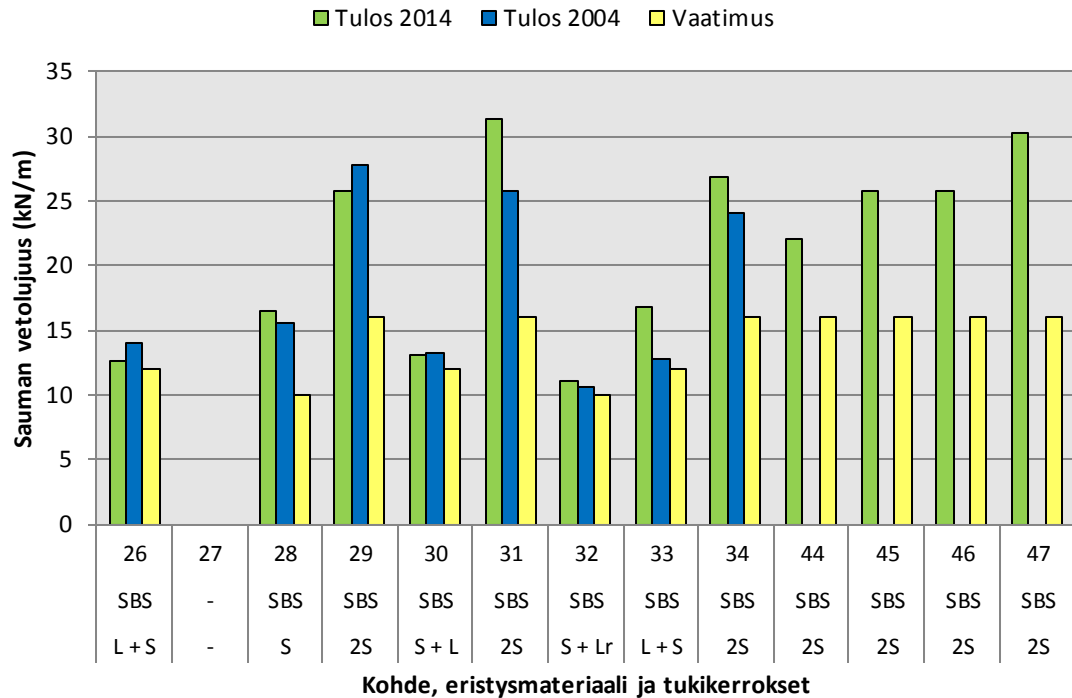
Kuvassa 5.37 on kohteiden 17 - 25 sauman vetolujuuksien vertailu aikaisempiin tutkimuksiin sekä katteille asetettuihin vaatimuksiin.



Kuva 5.37. Kohteiden 17 - 25 bitumikermikatteiden sauman vetolujuuksien vertailu aikaisempien tutkimusten tuloksiin ja katteille bitumikermien tuoteluokkavaatimusten mukaan asetettuihin vaatimuksiin.

Kohteiden 18-21 osalta sauman vetolujuuden arvot ovat hyvin tarkasti samat kuin kahdessa aikaisemmassa tutkimuksessa. Kaikkien kohteiden saumojen vetolujuudet ylittävät niille asetetut vaatimukset. Muovibitumikermeistä tehtyjen kaksikerroskatteiden saumojen vetolujuudet ovat keskimäärin 5 % korkeammat kuin samanikäisten kumibitumikermeistä tehtyjen kaksikerroskatteiden, vaikka yleisesti APP-muovibitumikermikatteiden ongelmaksi mainitaan juuri saumojen heikkous [11]. Nyt kolmen tutkimuksen sauman vetolujuustestien tulosten perusteella voidaan sanoa, että APP-kermikatteiden saumat ovat riittävän lujia.

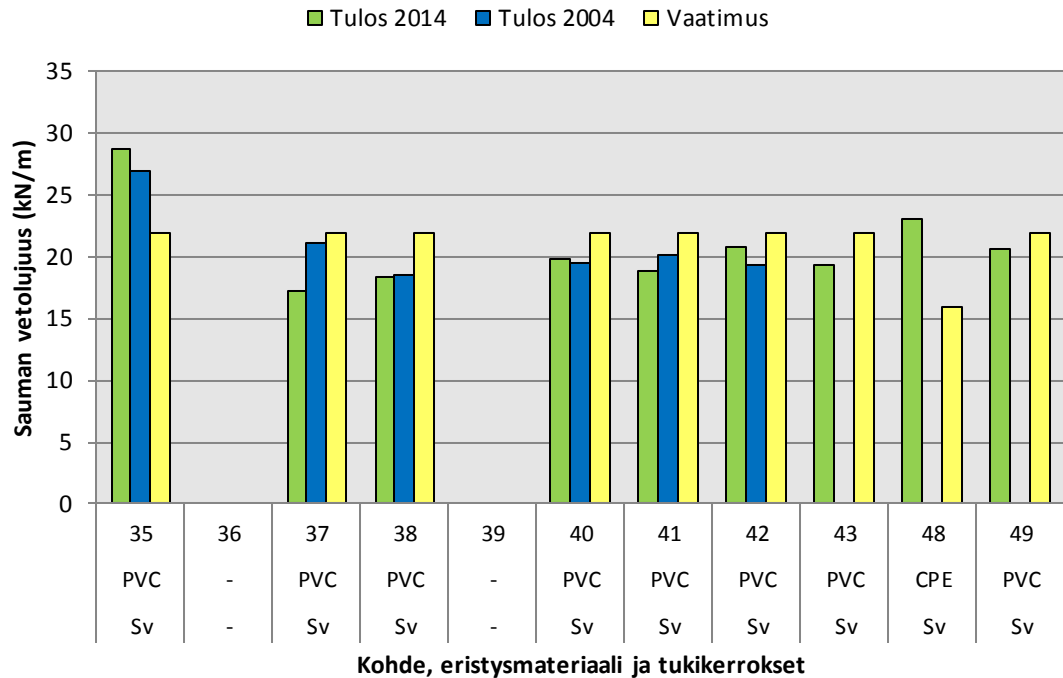
Kuvassa 5.38 on kohteiden 26 - 34 sekä 44 - 47 sauman vetolujuuksien vertailu aikaisempiin tutkimuksiin sekä katteille asetettuihin vaatimuksiin.



Kuva 5.38. Kohteiden 26 – 34 sekä 44 - 47 bitumikermikatteiden sauman vetolujuuksien vertailu aikaisemman tutkimuksen tuloksiin ja katteille bitumikermien tuoteluokkavaatimusten mukaan asetettuihin vaatimuksiin.

Kaikkien kuvassa 5.38 esiintyvien kohteiden saumojen vetolujuudet ylittivät niille asetetut vaatimukset. Kumibitumisten kaksikerroskatteiden, joiden tukikerroksina oli polyesterihuopa, ylittivät vaatimuksen selvimmin. Nyt tutkimukseen mukaan otetut uudet katteet (kohteet 44 - 47) ylittivät vaatimuksen selvästi. Kohteen 31 sauman vetolujuus oli suurin. Kyseisen kohteen sauman vetolujuuden ero vuoden 2005 tutkimuksen tulokseen voi johtua siitä, että sauma voi paikallisesti olla vahvempi tai heikompi eri kohdissa kattoa.

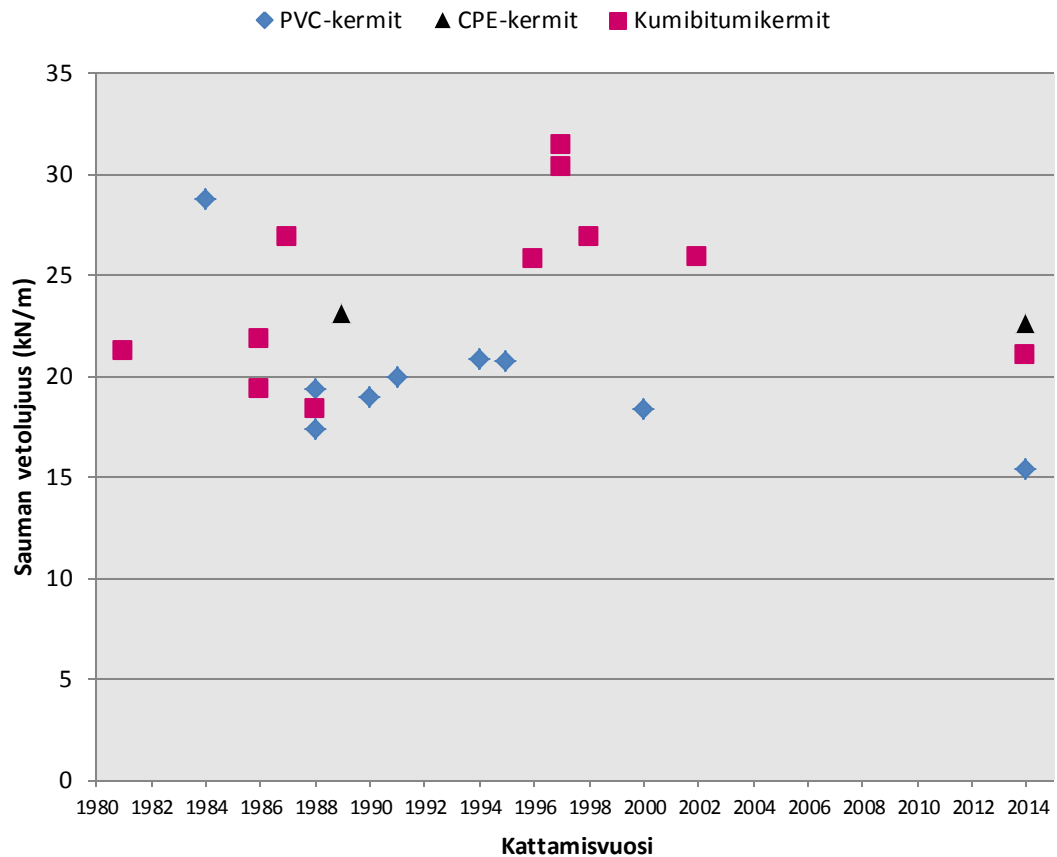
Kuvassa 5.39 on kohteiden 35 - 43 sekä 48 - 49 sauman vetolujuuksien vertailu aikaisempaan tutkimukseen sekä katteille asetettuihin vaatimuksiin.



Kuva 5.39. Kohteiden 35 - 43 sekä 48 - 49 yksikerroskatteiden sauman vetolujuuksien vertailu aikaisempien tutkimusten tuloksiin ja katteille eri lähteiden mukaan asetettuihin vaatimuksiin. PVC-kermikatteiden vaatimukset on saatu lähteestä [22] ja CPE-kermikatteen vaatimukset on saatu lähteestä [28].

Vain kohteiden 35 ja 48 sauman vetokokeen lujuusarvo täyttää niille asetetut vaatimukset. Kohde 35 on vanhin PVC-kermikate tässä tutkimuksessa. Kohde 48 on ainoa CPE-kermikate tässä tutkimuksessa. Kaikkien muiden PVC-kermikatteiden sauman vetolujuus alittaa vaatimuksen. Kohteiden 37 – 38, 40 – 43 sekä 49 keskimääräinen vaatimuksen alitus on noin 12 %.

Kuvassa 5.40 on verrattu katteiden ja vertailunäytteiden sauman vetolujuuksia iän funktiona.



Kuva 5.40. PVC- CPE- ja kumibitumikermikatteiden sekä vertailunäytteiden sauman vetolujuuksien vertailu iän funktiona.

PVC-kermikatteista vanhimmalla katteella on suurin sauman vetolujuus. Muiden PVC-kermikatteiden osalta ei voida sanoa iän vaikuttavan sauman vetolujuuteen.

Kumibitumikermikatteiden osalta on havaittavissa, että vanhempien kohteiden sauman vetolujuudet ovat heikommät kuin uudempien. Hajonta kohteiden lujuusarvoissa on suurta. Vanhempien kohteiden heikommät sauman vetolujuudet voivat johtua kiinnitystavasta (puhallettu bitumi vs. kumibitumi).

#### *Saumojen avautuminen vetokokeen aikana*

Sauman vetokokeen aikana seurattiin koekappaleiden saumojen avautumista. Sauman avautuminen oli harvinaista, mutta sitä tapahtui joidenkin puhalletulla bitumilla liimattujen bitumikermikatteiden kohdalla. Kumibitumilla hitsattujen bitumikermikatteiden saumat eivät auenneet kokonaan yhdessäkään kohteessa, mutta vähäistä avautumista tapahtui muutamassa kohteessa. Joissakin kohteissa, joissa kumibitumikermi oli hitsattu toisiinsa kumibitumilla, tapahtui vain vähäistä sauman liukumista. Saumojen osalta kumibitumilla hitsaamalla saadaan aikaan selvästi parempi kiinnittyminen kuin puhalletulla bitumilla liimaamalla. Yhdessä kohteessa bitumikermikatteiden kermien tu-

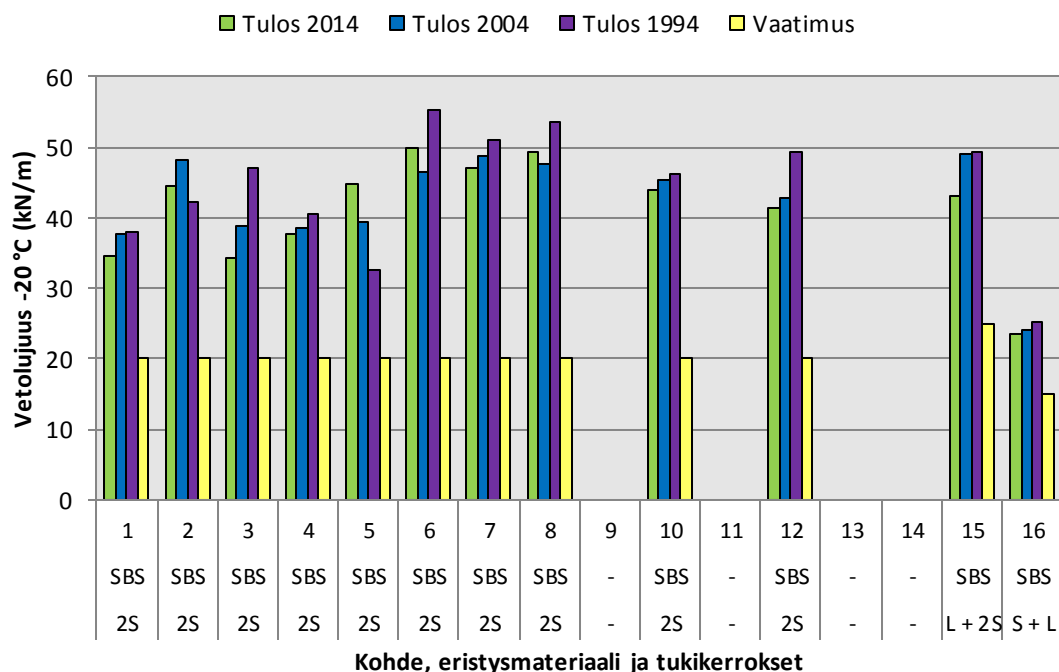
kikerros on päällystetty alumiinilla, saumat liukuivat irti. Kyseisessä kohteessa alumiinin ja bitumin välinen tartunta on ollut huono.

PVC-kermikatteiden osalta saumat eivät auenneet, vaan murtuminen tapahtui sauman ulkopuolelta. Joissakin tapauksissa murtuminen tapahtui välittömästi sauman vierestä, jolloin tukikerroksen pitkittäiset polyesterilangat saattoivat irrota muovista ja luisua ulos muovin katkeamisen jälkeen. CPE-kermikatteiden sauma ei auennut, vaan murto tapahtui sauman ulkopuolelta.

### 5.3.6 Vetolujuus ja venymä -20 °C

Kylmävetokoe suoritettiin nyt samalla tavalla kuin vuoden 2005 tutkimuksessa, joten tutkimusten tulokset ovat suoraan vertailukelpoisia. Vuonna 1995 kylmävetokokeessa oli käytetty leukojen välinä 80 mm ja koekappaleen mittoina 150 mm x 50 mm. Koekappale oli siis vetokoneen leuoissa vain 35 mm matkalta, mikä on melko vähän. Näistä syistä johtuen vuoden 1995 tutkimuksen venymät saattavat olla suurempia kun nyt saadut venymät.

Kuvassa 5.41 on kohteiden 1 - 16 kumibitumikermikatteiden kylmävetokokeen vetolujuuksien vertailu aikaisempien tutkimusten tuloksiin sekä katteille asetettuihin vaatimuksiin.

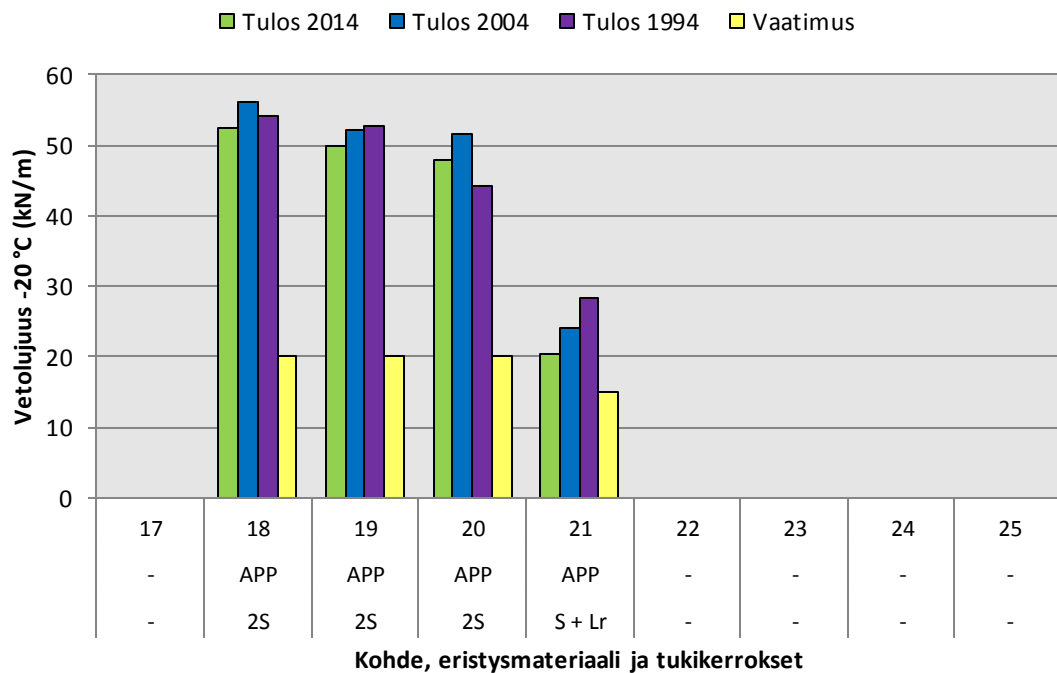


Kuva 5.41. Kohteiden 1 - 16 kumibitumikermikatteiden kylmävetolujuuksien vertailu aikaisempien tutkimusten tuloksiin ja katteille bitumikermien tuoteluokkavaatimusten mukaan asetettuihin vaatimuksiin.

Kuvasta nähdään, että kaikkien kohteiden osalta vaatimukset ylittyivät selvästi, koska bitumin lujuuden kasvu kylmässä johtaa koko katteen lujuuden kasvuun kylmässä. Nyt saadut lujuusarvot ovat keskimäärin vain noin 3% alhaisemmat verrattuna vuoden

2005 tutkimukseen, ja noin 5% alhaisemmat verrattuna vuoden 1995 tutkimukseen. Kylmävetolujuuksien osalta selkeää heikkenemistä on havaittavissa, mutta heikkeneminen on todella vähäistä.

Kuvassa 5.42 on kohteiden 17 - 25 muovibitumikermikatteiden kylmävetokokeen vetolujuuksien vertailu aikaisempien tutkimusten tuloksiin sekä katteille asetettuihin vaatimuksiin.

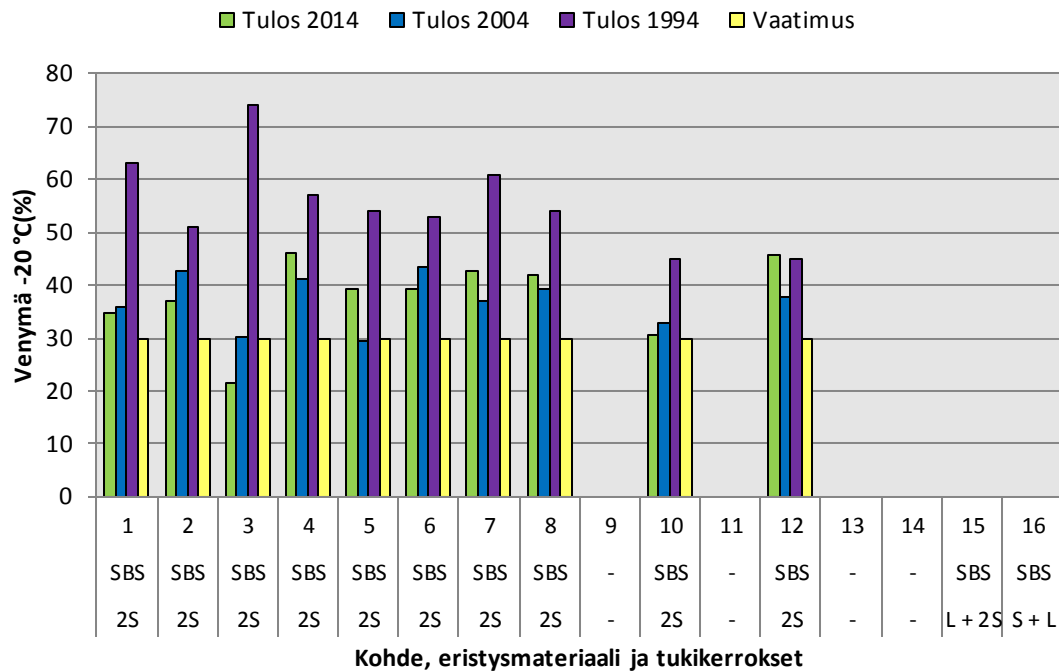


Kuva 5.42. Kohteiden 17 - 25 muovibitumikermikatteiden kylmävetolujuuksien vertailu aikaisempien tutkimusten tuloksiin ja katteille bitumikermien tuoteluokkavaatimusten mukaan asetettuihin vaatimuksiin.

Muovibitumikermien osalta havaitaan lievää lujuuden heikkenemistä verrattuna aikaisempien tutkimusten tuloksiin. Nyt saadut kylmävetolujuudet ovat keskimäärin noin 8% pienemmät kuin vuoden 2005 tutkimuksen lujuudet, ja noin 7% pienemmät kuin vuoden 1995 tutkimuksen lujuudet. Kaikkien kohteiden kylmävetolujuus kuitenkin ylittää selvästi asetetut vaatimukset.

Kuvassa 5.43 on kohteiden 1-16 kumibitumikermikatteiden kylmävetokokeen venymien vertailu aikaisempien tutkimusten tuloksiin sekä katteille asetettuihin vaatimuksiin. Kuvasta jätetään pois kohteiden 15 ja 16 katteiden venymät, koska niissä on käytetty sekä polyesteritukikerroksellisia, että lasikuitutukikerroksellisia kermejä. Vertailu tehdään kaikille tämän tyyppisille katteille (kohteet 15, 16, 26, 30 ja 33) erikseen kuvassa 5.49



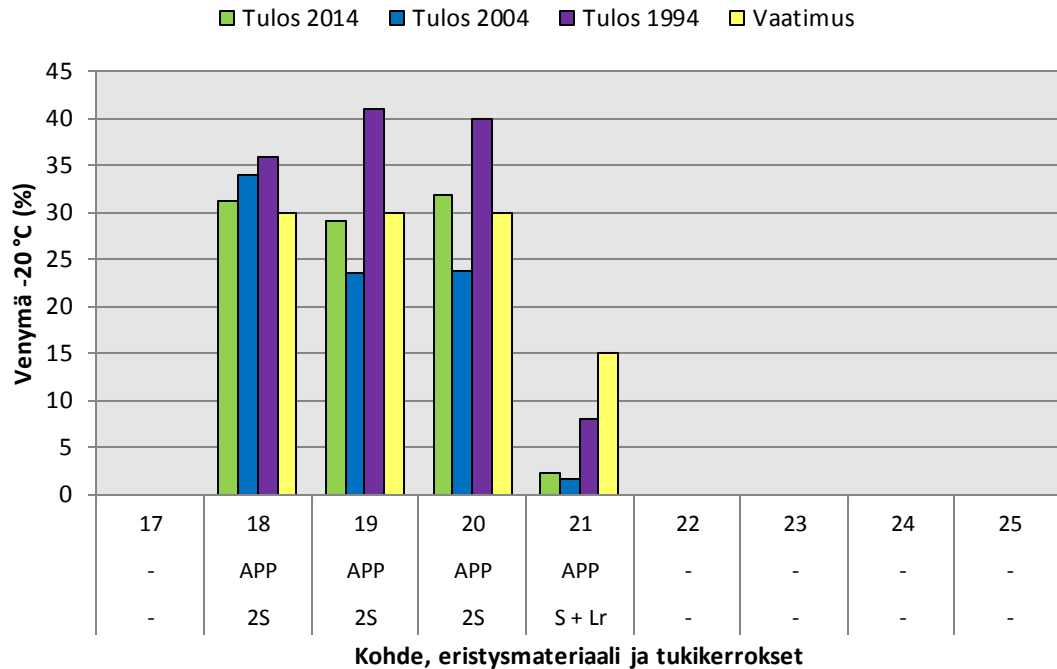


Kuva 5.43. Kohteiden 1 - 14 bitumikermikatteiden kylmävetokokeen venymien vertailu aikaisempien tutkimusten tuloksiin ja katteille bitumikermien tuoteluokkavaatimusten mukaan asetettuihin vaatimuksiin. Kohteiden 15 ja 16 venymät on esitetty erikseen kuvassa 5.49.

Kuvasta havaitaan, että nyt saadut kylmävetokokeen venymät ovat huomattavasti pienempiä kuin vuoden 1995 tutkimuksessa. Tämä voi johtua siitä, että tuolloin koekappaleet olivat huonosti kiinni vetokoneen leuoissa, ja ne ovat mahdollisesti päässeet luistamaan. Lisäksi eroa voi selittää myös se, että tuolloin käytettiin leukojen välinä 80 mm, kun nyt ja vuonna 2005 on leukojen välinä käytetty 100 mm. Edellä mainituista seikoista huolimatta vuoden 1995 kylmävetokokeen venymät ovat hälyttävän suuria. Koekappaleiden kylmäsäilytyksestä ei ollut mainintaa vuoden 1995 tutkimuksen raportissa, joten voi olla, että koekappaleiden sisällä lämpötila ei välttämättä ole ollut -20 °C, kuten nyt tehdyssä ja vuoden 2005 tutkimuksessa oli. Lämpimämmillä koekappaleilla luonnollisesti saadaan vetokokeessa suurempi venymä.

Nyt saadut tulokset ovat vertailukelpoisia vuoden 2005 tutkimuksen tulosten kanssa. Venymät ovat nyt keskimäärin noin 3% suuremmat kuin vuonna 2005. Tästä ei voida tehdä mitään johtopäätöksiä. Kaikkien kohteiden venymät ylittävät vaatimuksen lukuun ottamatta kohdetta 3, jonka venymä alittaa vaatimuksen noin 30 %.

Kuvassa 5.44 on kohteiden 17 - 25 muovibitumikermikatteiden kylmävetokokeen venymien vertailu aikaisempien tutkimusten tuloksiin sekä katteille asetettuihin vaatimuksiin.



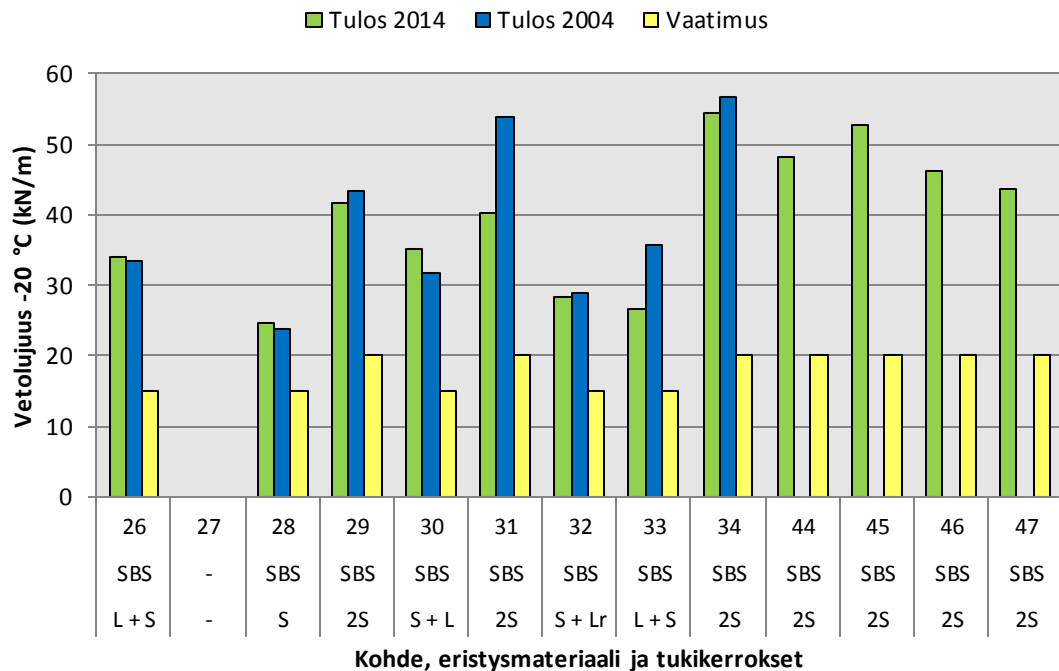
Kuva 5.44. Kohteiden 17 - 25 muovibitumikermikatteiden kylmävetokokeen venymien vertailu aikaisempien tutkimusten tuloksiin ja katteille bitumikermien tuoteluokkavaatimusten mukaan asetettuihin vaatimuksiin.

Muovibitumikermikatteiden venymät ovat kylmävetokokeessa huomattavasti alhaisemmat kuin kumibitumikermikatteiden. Muovibitumikermikatteiden (kohteet 18 – 20) venymät olivat keskimäärin noin 30,7 %, kun taas saman ikäisten kumibitumikermikatteiden (kohteet 1 -12) keskimääräinen venymä oli 37,9 %. Muovibitumikermien venymäominaisuudet kylmässä ovat selvästi huonommat kuin kumibitumikermien.

Kuvassa 5.42 kohteen 21 venymä on määritetty lasikuitutukikerroksen katkeamis-kohtaa vastaavana venymänä. Tämä kohta oli poikkeuksesta koekappaleiden maksimi-voiman kohta. Vaikka venymä olisi määritetty polyesteritukikerroksen katkeamisen kohdalta, olisi siitä huolimatta jääty alle vaatimuksen, noin 11 % suuruusluokkaan. Polyesteritukikerroksen katkeamiseen näin alhaisella venymällä vaikuttaa varmasti osaltaan se, että lasikuitutukikerroksen katkeaminen aiheuttaa kerrin jäljellä olevaan ehjään osaan jännityspiikkejä, joiden kohdalta kate lopulta katkeaa normaalia pienemmällä venymällä.

Vuoden 1995 tutkimuksessa mitatut venymän arvot ovat myös kohteiden 18 – 31 osalta huomattavasti suuremmat kuin nyt mitatut. Syy tähän on ilmeisesti se, että tuolloin koekappaleet saattoivat luistaa jonkin verran huonon vetokoneen leukoihin kiinnittymisen johdosta. Tässä tutkimuksessa (kuten myös vuoden 2005 tutkimuksessa) koekappaleet olivat vetokoneen leuoissa noin 80 mm matkalta, jolloin luistamista ei tapahtunut ja tulokset ovat luotettavampia. Tämän ja vuoden 2005 tutkimukset ovat siis keskenään vertailukelpoisia, mutta kuvasta 5.42 nähdään, ettei mitään johtopäätöksiä voida tehdä tulosten korrelaation puuttuessa.

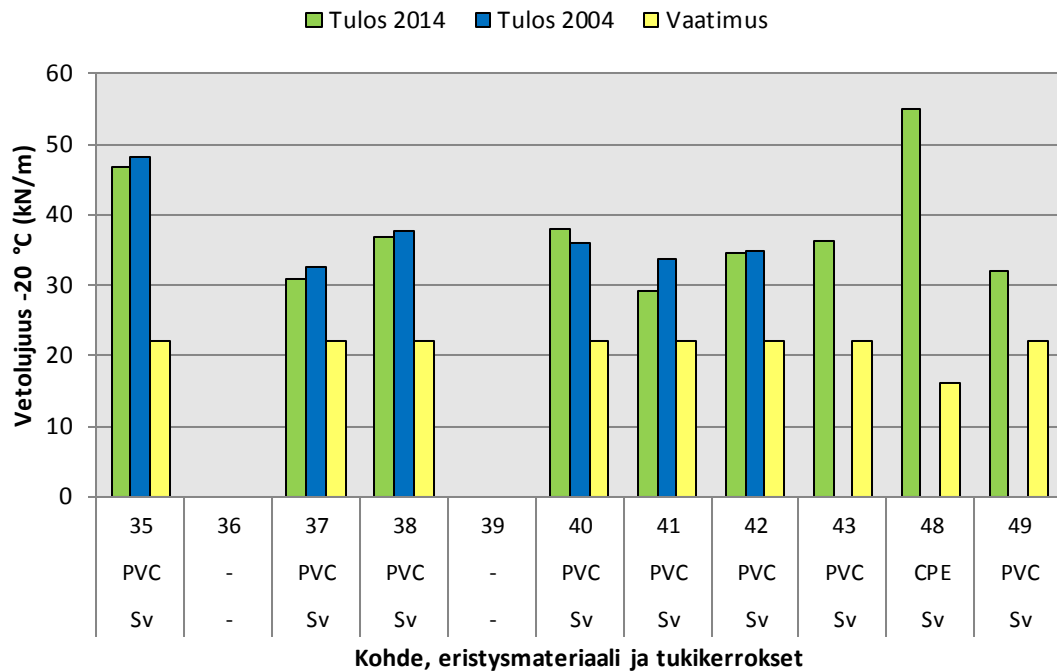
Kuvassa 5.45 on vertailtu kohteiden 26 - 34 sekä 44 - 47 kumibitumikermikatteiden kylmävetolujuuksia aikaisempien tutkimusten tuloksiin ja katteille bitumikermien tuoteluokkavaatimusten mukaan asetettuihin vaatimuksiin.



Kuva 5.45. Kohteiden 26 – 34 sekä 44 - 47 kumibitumikermikatteiden kylmävetolujuuksien vertailu aikaisempien tutkimusten tuloksiin ja katteille bitumikermien tuoteluokkavaatimusten mukaan asetettuihin vaatimuksiin.

Kuvasta nähdään, että kaikkien kumibitumikermikatteiden kylmävetolujuudet ylittävät niille asetetut vaatimukset selvästi. Bitumikermien vetolujuus kylmässä on huomattavasti parempi kuin lämpimässä. Kohteiden 26 – 34 osalta nyt saadut kylmävetolujuudet ovat keskimäärin noin 6 % pienemmät kuin vuoden 2005 tutkimuksessa mitatut arvot. Vetolujuudet kyseisten kohteiden osalta ovat siis pienentyneet vuoden 2005 tutkimuksen tuloksiin verrattuna keskimäärin lämpimässä noin 4 % ja kylmässä noin 6 %.

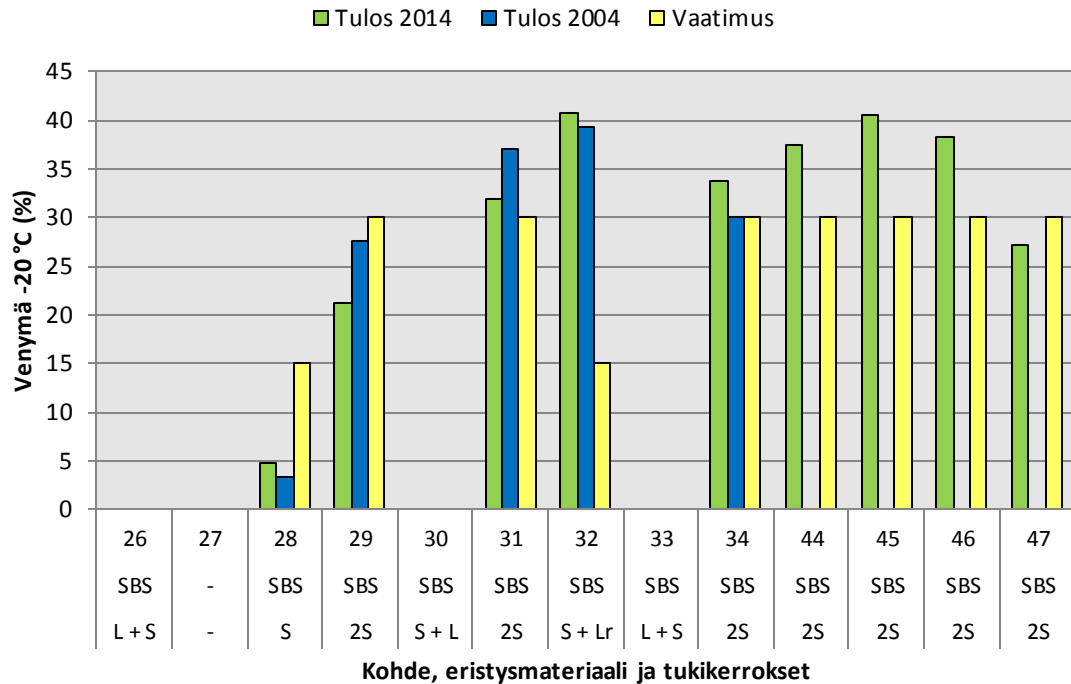
Kuvassa 5.46 on verrattu kohteiden 35 - 43 sekä 48 - 49 muovikermikatteiden kylmävetolujuuksia aikaisempien tutkimusten tuloksiin ja katteille asetettuihin vaatimuksiin.



Kuva 5.46. Kohteiden 35 – 43 sekä 48 - 49 muovikermikatteiden kylmävetolujuuksien vertailu aikaisempien tutkimusten tuloksiin ja katteille eri lähteiden mukaan asetettuihin vaatimuksiin. PVC-kermikatteiden vaatimukset on saatu lähteestä [22] ja CPE-kermikatteiden vaatimukset on saatu lähteestä [28].

Kuvasta nähdään, että kaikkien kohteiden kylmävetolujuudet täyttävät niille asetetut vaatimukset. Verrattaessa kyseisten kohteiden vetolujuuksia kylmässä ja lämpimässä, havaitaan, että kaikkien kohteiden vetolujuudet ovat kylmässä selvästi suuremmat. Eniten kylmässä ja lämpimässä tehtyjen vetolujuuksien välillä oli eroa kohteessa 48, joka oli tutkimuksen ainoa CPE-kermikate. Tämän katteen vetolujuus kylmässä oli 1,96-kertainen lämpimässä mitattuun vetolujuuteen verrattuna. Kaikkien kohteiden osalta vetolujuudet kylmässä olivat keskimäärin noin 31% suurempia kuin lämpimässä. Tästä voidaan päätellä, että muovikermien lujuudet kasvavat kylmissä olosuhteissa. Kohteiden 35 – 42 osalta tuloksia voitiin verrata vuoden 2005 tutkimuksen tuloksiin, ja nyt saadut tulokset ovat keskimäärin noin 3 % alhaisemmat.

Kuvassa 5.47 on verrattu kohteiden 26 - 34 sekä 44 - 47 kumibitumikermikatteiden kylmävetokokeen venymää aikaisempien tutkimusten tuloksiin ja katteille asetettuihin vaatimuksiin. Kuvasta jätetään pois kohteiden 26, 30 ja 33 katteiden venymät, koska niissä on käytetty sekä polyesteritukikerroksellisia, että lasikuitutukikerroksellisia kermejä. Vertailu tehdään kaikille tämän tyyppisille katteille (kohteet 15, 16, 26, 30 ja 33) erikseen kuvassa 5.49.

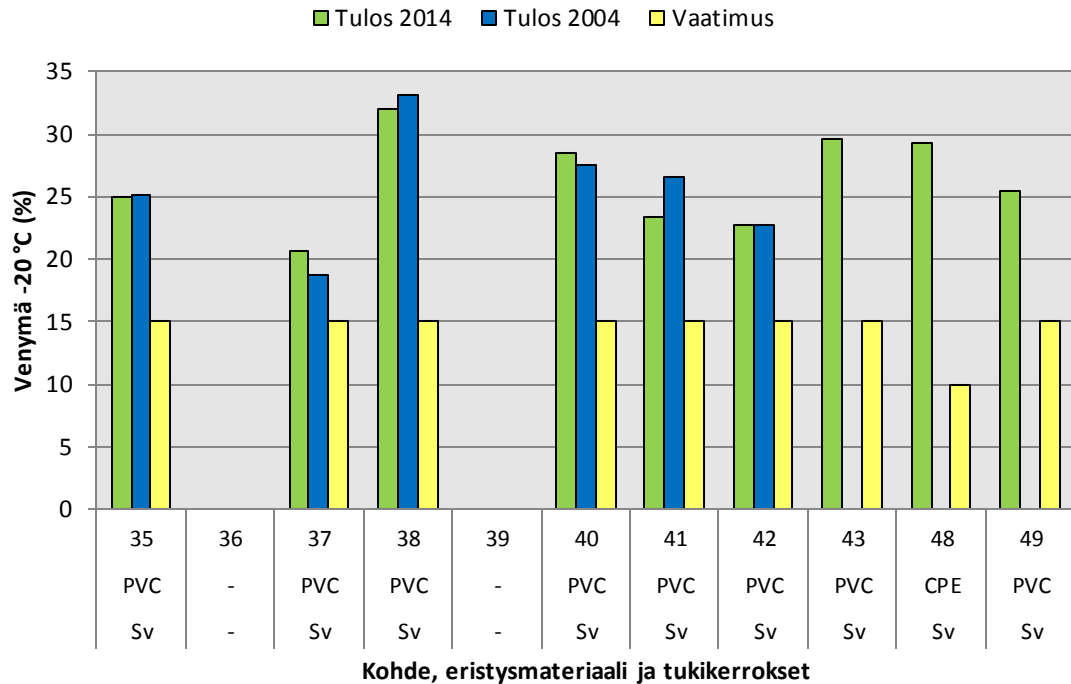


Kuva 5.47. Kohteiden 26 – 34 sekä 44 - 47 kumibitumikermikatteiden kylmävetokokeen venymien vertailu aikaisempien tutkimusten tuloksiin ja katteille bitumikermien tuoteluokkavaatimusten mukaan asetettuihin vaatimuksiin. Kohteiden 26, 30 ja 33 venymät on esitetty erikseen kuvassa 5.49.

Kohteen 29 venymä alittaa selvästi sille asetetun vaatimuksen, ja se alitti vaatimuksen jo vuoden 2005 tutkimuksessa. Syynä alitukselle voi olla se, että kyseisen kohteen sisätilojen kosteustuotto on todella suurta. Tästä johtuen katteen alapintaan kerääntyy kosteutta, mikä talvella jäätyessään aiheuttaa katteeseen jäänpainetta. Kohteen kattorakenne on tuulettumaton umpirakenne, joten kosteuden poistuminen kattorakenteista on todella hidasta. Myös rasittava teollisuusilmasto voi osaltaan vaikuttaa venymän pienentymiseen.

Kohteen 28 venymän arvo on huomattavan matala. Kohteen kate on raitahitsattava yksikerroskate, jossa on erityisen vahva polyesteritukikerros. Todennäköisesti tukikerrokseen on lisätty lasikuituvahvistuksia (tuotannollisista syistä), joiden katketessa saatiin maksimivoima. Kuvaajasta luettuna murtokohdat olivat eri koekappaleilla noin 18 - 25 % venymällä, vaikka voiman maksimikohdaksi saatiinkin 4,7 % venymä.

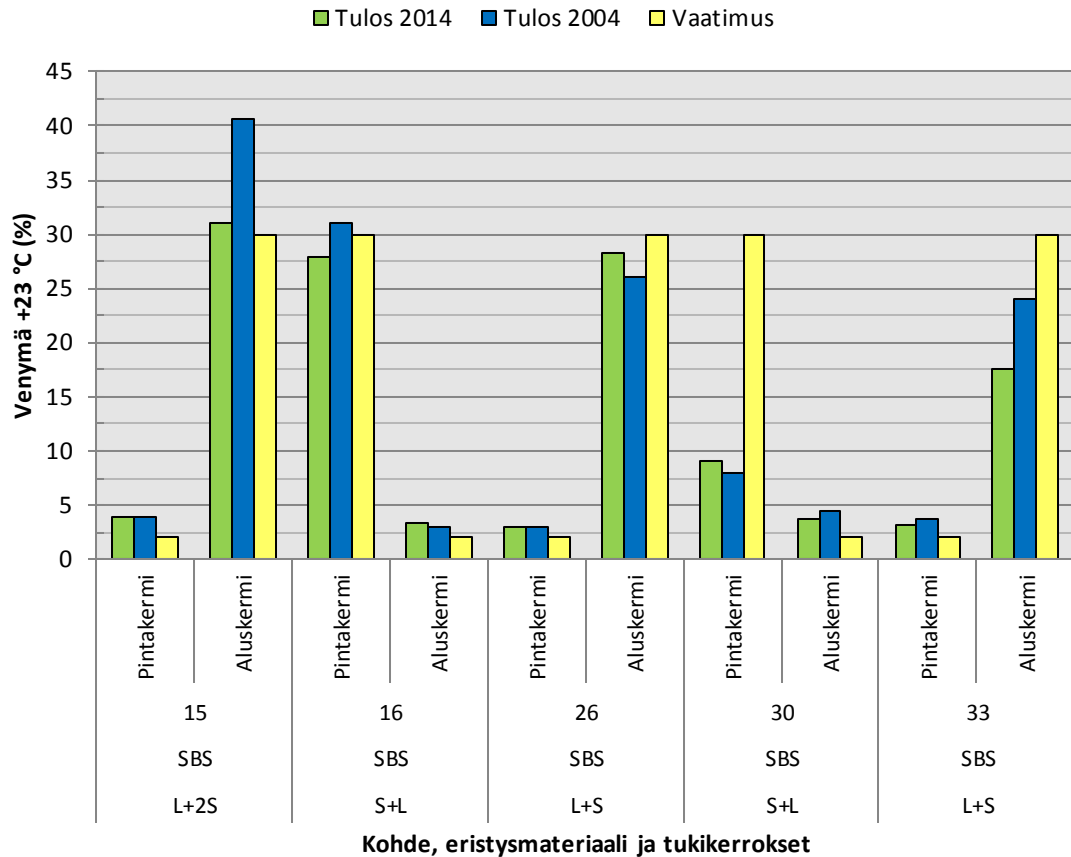
Kuvassa 5.48 on verrattu kohteiden 35 - 43 sekä 48 - 49 muovikermikatteiden kylmävetokokeen venymää aikaisempien tutkimusten tuloksiin ja katteille asetettuihin vaatimuksiin.



Kuva 5.48. Kohteiden 35 – 43 ja 48 - 49 muovikermikatteiden kylmävetokokeen venymien vertailu aikaisempien tutkimusten tuloksiin ja katteille eri lähteistä saatuihin vaatimuksiin. PVC-kermikatteiden vaatimukset on saatu lähteestä [22] ja CPE-katteen vaatimukset on saatu lähteestä [28].

Kuvasta havaitaan, että kaikkien kohteiden kylmävetokokeiden venymät ylittävät selvästi niille asetetut vaatimukset. CPE-kermikatteen venymä on parempi kuin PVC-kermikatteiden venymien keskiarvo. Kaikkien kohteiden venymät kylmässä ovat suuremmat kuin lämpimässä. Tämä johtuu testauksissa käytettyjen vetonopeuksien ja leukojen välin eroista. Kermit liukuvat molemmissa testauksissa suunnilleen saman verran irti vetokoneen leuoista, mutta pienemmällä leukojen välillä liukuman vaikutus tuloksiin korostuu. Enimmäkseen paremmat venymät kylmässä johtuvat hitaammasta vetonopeudesta. Venymä tulisiikin mitata suoraan koekappaleesta, eikä leukojen välistä.

Kuvassa 5.49 on verrattu sellaisten katteiden kylmävetokokeen venymää, joissa käytettyjen kermien venymävaatimukset poikkeavat toisistaan.



Kuva 5.49. Kohteiden 15, 16, 26, 30 ja 33 bitumikermikatteiden kylmävetokokeen venymien vertailu aikaisempien tutkimusten tuloksiin ja katteiden kerneille erikseen bitumikermien tuoteluokkavaatimusten mukaan asetettuihin vaatimuksiin.

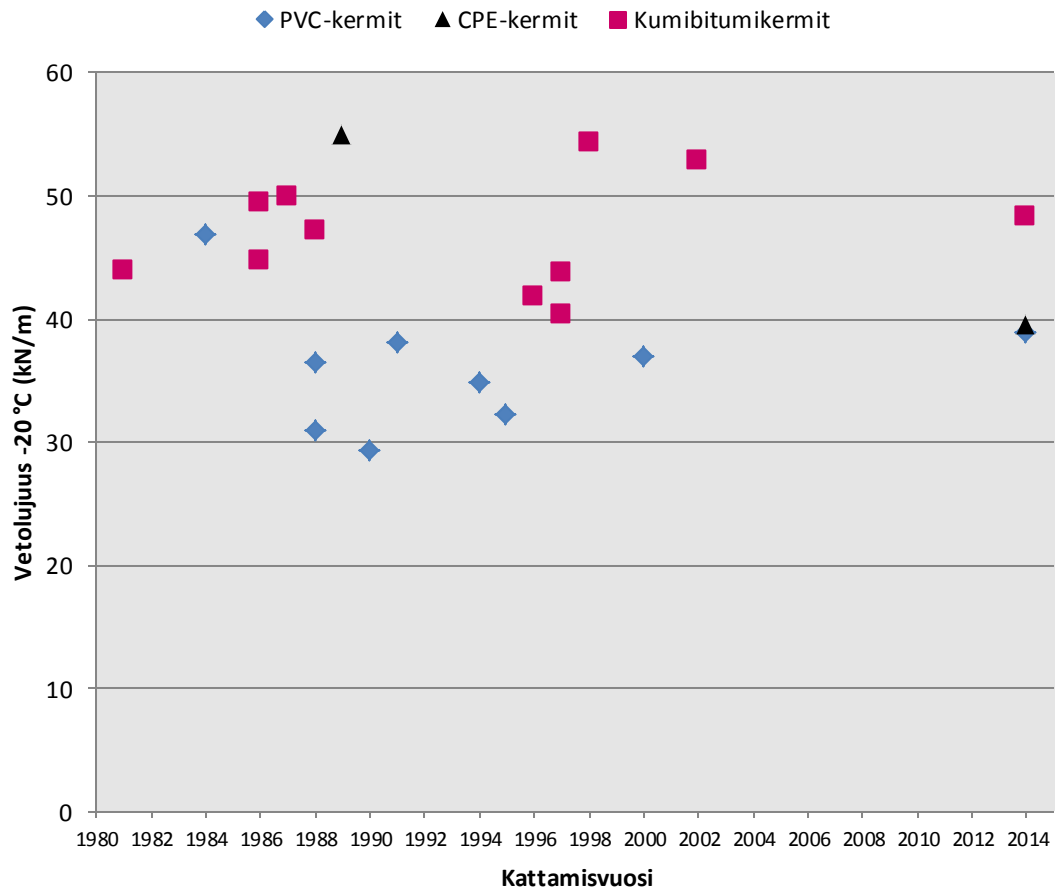
Kuvasta nähdään, että lasikuitutukikerroksisten kermien venymät ylittävät niille asetetut vaatimukset. Polyesteritukikerroksista kermeistä vain kohteen 15 venymä ylittää vaatimuksen. Kohteissa 15 ja 16 kermi on liimattu toisiinsa puhalletulla bitumilla. Muiden kohteiden kermi on hitsattu toisiinsa kumibitumilla. Erityisesti kohteen 30 tuloksista nähdään, että lasikuitutukikerroksisen aluskermiä katkettua kermi pysyivät todella hyvin kiinni toisissaan, jolloin jäljellä olevan polyesteritukikerroksista pintakermistä vain hyvin lyhyt alue, josta aluskermi oli irti, otti vastaan venymää (katso liite 7). Muualla polyesteritukikerroksista kermiä vahvasti hyvin vähän venyvä lasikuitutukikerroksellinen aluskermi, jolloin muualle ei syntynyt venymää juuri lainkaan. Tällöin koko kate katkesi vain 9 % venymällä, mikä alitti vaatimuksen (30 %) hyvin selkeästi. Tällaisten kohteiden, joissa on käytetty sekaisin lasikuitutukikerroksista kermiä ja polyesteritukikerroksista kermiä, venymäkokeen tuloksia pitää tarkastella erittäin kriittisesti, eikä vain todeta kohteen katteen olevan huono alhaisen kylmävenymätuloksen perusteella. Kohteen 30 kate oli silmämääräisesti arvioituna hyväkuntoinen. Katteen kermien liimautuminen on erittäin hyvä.

Kohteen 15 venymä on ainoa, joka ylittää vaatimuksen. Kyseinen kate on kolmikerroskate, jonka pintakermi on lasikuitutukikerroksellinen kermi ja aluskermi (2 kappa-

letta) ovat polyesteritukikerroksellisia kernejä. Tämän kohteen osalta lämpimässä suoritettun vetokokeen voima-venymä-kuvaajista ei ollut suoraan voimapiikkinä havaittavissa pintakermien katkeamiskohtaa, mutta kylmävetokokeen kuvaajissa tämä kohta oli selvästi havaittavissa voimapiikkinä. Kylmävetokokeessa oli myös muiden kohteiden osalta selkeämmin havaittavissa lasikuitutukikerroksellisten kermien katkeamiskohdat. Lasikuitutukikerroksellisen kermien vaikutus katteen toimintatapaan siis korostuu kylmissä olosuhteissa.

Kohteiden 15 ja 16 osalta on olemassa vuoden 1995 tutkimuksen kylmävetokokeen venymien tulokset, mutta niitä ei esitetty kuvassa 5.49, koska ne ovat huomattavasti suuremmat kuin tässä ja vuoden 2005 tutkimuksessa koekappaleiden luistamisen vuoksi. Tässä ja vuoden 2005 tutkimuksessa koekappaleet olivat huomattavasti pidemmältä matkalta kiinni vetokoneen leuoissa, joten tulokset ovat paljon luotettavampia kuin vuoden 1995 tutkimuksen tulokset.

Kuvassa 5.50 on verrattu katteiden ja vertailunäytteiden kylmävetolujuuksia iän funktiona.



Kuva 5.50. PVC-, CPE- ja kumibitumikermikatteiden sekä vertailunäytteiden kylmävetolujuudet iän funktiona.

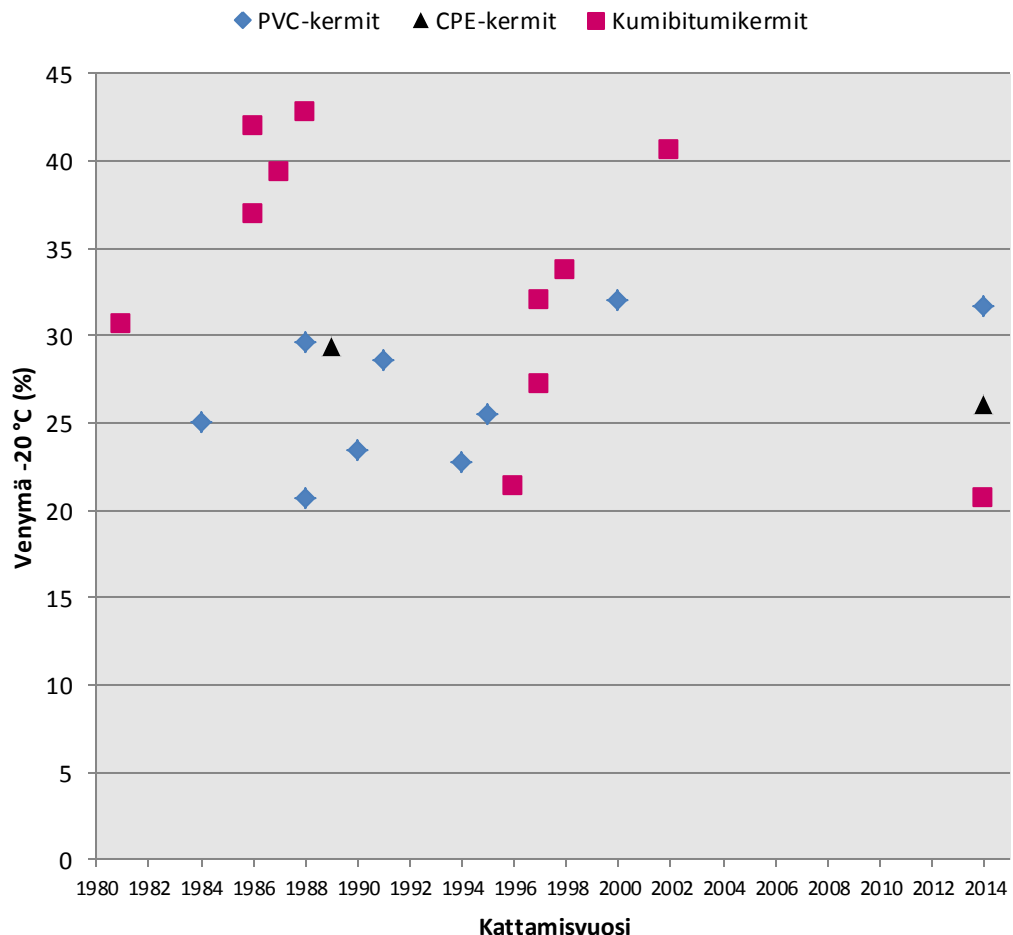
PVC-kermikatteiden lujuus kylmässä oli huomattavasti parempi kuin lämpimässä, mikä johtuu eristysmateriaalin lujuuden kasvusta kylmissä olosuhteissa. Verrattaessa katteita iän perusteella, katteiden kylmävetolujuudet ovat samaa suuruusluokkaa riip-



pumatta katteen iästä, kun ei oteta huomioon vanhinta kohdetta, jossa on erilainen tukikerros.

Kumibitumikermien osalta havaitaan myös, että iästä riippumatta katteiden kylmävetolujuudet ovat melko tarkasti samat. Tuloksista ei voida päätellä mitään katteen kiinnitystavan tai haurastumisen vaikutuksista kylmävetolujuuteen.

Kuvassa 5.51 on verrattu katteiden ja vertailunäytteiden kylmävetokokeen venymää iän funktiona.



Kuva 5.51. PVC- CPE- ja kumibitumikermikatteiden sekä vertailunäytteiden kylmävetokokeen venymät iän funktiona.

PVC-kermikatteiden osalta kylmävetokokeen venymät ovat samaa suuruusluokkaa iästä riippumatta. Ainoastaan vuoden 2000 kohteen venymä on hieman suurempi kuin vanhempien katteiden, mikä voi johtua uudentyypisistä tukikerroksesta.

Kumibitumikermikatteiden osalta vanhempien kohteiden venymät ovat suurempia kuin uudempien, vaikka hajontaa onkin runsaasti. Ero johtunee katteiden kermien kiinnitystavasta. Vanhemmissa kohteissa kermi on kiinnitetty toisiinsa puhalletulla bitumilla liimaamalla, kun uudempien kohteiden katteet on kiinnitetty toisiinsa kumibitumilla hitsaamalla. Ero huomattiin jo huoneenlämmössä tehtyjen vetokokeiden vetolujuustuloksista. Nyt kylmävetokokeen venymät vahvistavat tämän olettamuksen. Puhalletun

bitumin huonojen kylmävenymäominaisuuksien vuoksi kyseisten kohteiden liimautuminen rikkoutui kylmävetokokeessa. Kumibitumilla hitsattujen katteiden liimaus kesti paremmin kuin puhalletulla bitumilla liimattujen. Yhdessä pysyessään katteen vetolujuus on suurempi ja venymä pienempi, kuin siinä tapauksessa, että kermi irtaavat toisistaan lähes kokonaan.

### *Koekappaleiden halkeilu kylmävetokokeen aikana*

Kylmävetokokeen aikana seurattiin koekappaleiden halkeilua, mikä on ratkaisevaa katteen toiminnan kannalta. Silloin, kun katteen eristysmateriaali on halkeillut, kate ei ole enää vesitiivis. Muovibitumikermikatteiden halkeilu alkoi jo hyvin pienillä venymillä, suuruusluokassa 2-5 %. Lasikuitutukikerroksiset kermi t menivät poikki noin 2-5 % venymällä, kuten myös huoneenlämmössä tehdyssä vetokokeessa. Kylmävetokokeessa oli havaittavissa se, että lasikuitutukikerroksellisen kermi n katkeaminen tapahtui yhdestä kohdasta, kun huoneenlämmössä vastaavat kermi t saattoivat katkeilla useammasta kohdasta. Kumibitumilla hitsattujen ja puhalletulla bitumilla liimattujen kumibitumikermi en halkeilussa havaittiin selviä eroja kiinnitystavasta johtuen. Kumibitumilla hitsattujen kermi en liimautuminen ei rikkoontunut täysin, vaan kermi t irtosivat toisistaan vain lyhyeltä matkalta murtokohdan ympäriltä. Puhalletulla bitumilla liimattujen kermi en liimautuminen petti täysin noin 2-5 % venymällä, ja katteen kermi t toimivat tällöin yksittäisinä kermeinä ilman yhteistoimintaa. Pääsääntöisesti kumibitumilla kiinnitetyt kermi t alkoivat halkeilla noin 10 - 20 % venymillä, kun taas puhalletulla bitumilla liimattuihin kermeihin alkoi ilmestyä halkeamia vasta noin 20 - 30 % venymillä. Kumibitumilla kiinnitetyt kermi t pääsääntöisesti halkeilivat ennen koko katteen katkeamista. Puhalletulla bitumilla liimattuihin kermeihin ei aina tullut halkeilua ennen koekappaleen katkeamista, tai halkeama saattoi tulla vain vähän ennen katkeamista. PVC-kermikatteet ja CPE-kermikate eivät halkeilleet ennen koekappaleiden katkeamista. PVC-kermikatteet ja CPE-kermikate katkesivat yleensä siten, että tukikerroksen katketessa eristysmateriaali jäi vielä ehjäksi, mutta katkesi pian tukikerroksen jälkeen.

### **5.3.7 Tulosten hajonta**

Laboratoriokokeiden tulosten tulkintaa ja luotettavuuden arviointia varten on tiedettävä tulosten keskinäinen hajonta. Tässä tutkimuksessa yksittäisten kohteiden testaustuloksien tulosteissa oli vetolaitteen laskemat keskihajonnat. Pääsääntöisesti keskihajonnat eivät ole erityisen suuria, ja tukevat tutkimuksen luotettavuutta. Kolmen koekappaleen perusteella saatu keskihajonta on kuitenkin melko epävarma tilastollisesti. Seuraavissa kappaleissa on kerrottu ikävertailuissa mukana olleiden kohteiden tulosten keskiarvot sekä keskihajontojen keskiarvot.

Ikävertailussa mukana olleiden SBS-kumibitumikermi en (kohteet 2, 6, 7, 8, 10, 29, 31, 34, 45, 47 sekä vertailunäyte) repäisylujuuksien keskiarvo on 106,5 N ja keskihajontojen keskiarvo on 7,7 N. Saman ryhmän vetolujuuksien (+23 °C) keskiarvo on 32,9

kN/m ja keskihajontojen keskiarvo on 1,1 kN/m. Venymien (+23 °C) keskiarvo samalta ryhmältä on 44,0 % ja keskihajontojen keskiarvo on 2,2 %. Ikävertailuryhmän kylmävetolujuuksien keskiarvo on 46,9 kN/m ja keskihajontojen keskiarvo on 1,6 kN/m. Edellä mainittujen kohteiden kylmävenymien keskiarvo on 33,3 % ja niiden keskihajontojen keskiarvo on 3,5 %. Ikävertailussa on SBS-bitumikermeistä tyypillisin kermiyhdistelmä hyvin edustettuna, jolloin edellä kerrotut arvot edustavat hyvin tyypillisiä keskihajontoja kyseisille kohteille.

Ikävertailussa mukana olleiden PVC-kermien (kaikki PVC-kermikatteet, kohteet 35, 37, 38, 40, 41, 42, 43, 49 sekä vertailunäyte) repäisylujuuksien keskiarvo on 229,6 kN/m ja niiden keskihajontojen keskiarvo on 11,3 kN/m. PVC-kermikatteiden vetolujuuksien (+23 °C) keskiarvo on 24,0 kN/m ja niiden keskihajontojen keskiarvo on 1,1 kN/m. Venymien (+23 °C) keskiarvo on 18,8 % ja keskihajontojen keskiarvo on 1,3 %. PVC-kermien kylmävetolujuudet olivat keskimäärin 35,9 kN/m ja niiden keskihajontojen keskiarvo on 1,6 kN/m. PVC-kermien kylmävenymät olivat keskimäärin 26,6 %, ja niiden keskihajontojen keskiarvo oli 1,8 %.

Tilastojen mukaan mittaustulos  $\pm 2$  keskihajonta kattaa noin 95 % kaikista mitattavista arvoista, kun mittauksien määrä on suuri. Nyt tämä ei täsmälleen pidä paikkaansa, koska mittauksia tehtiin vain kolme kappaletta kattoa kohti. Esimerkin vuoksi yksittäisistä mittaussarjoista mainittakoon kumibitumikermien vertailunäyte, jonka kolmen koe-kappaleen vetolujuuksien keskiarvo on 32,1 kN/m ja keskihajonta 1,4 kN/m. Tilastojen mukaan SBS-kumibitumikermikatteiden vertailunäytteille tehtävistä vetolujuuskokeista 95 % osui välille 29,3 – 34,8 kN/m. Tähän tulee kuitenkin suhtautua varauksella pienen näytemäärän vuoksi.

### 5.3.8 Laboratoriokokeiden yhteenveto

Joidenkin laboratoriokokeiden tulosten vertaaminen vuoden 1995 tutkimuksen tuloksiin on kyseenalaista tutkimusmenetelmien eroavaisuuksien vuoksi. Puolestaan vuoden 2005 tutkimuksen tuloksiin tämän tutkimuksen tulosten vertaaminen onnistuu suoraan, koska tutkimuksissa on käytetty täsmälleen samoja menetelmiä. Tutkimuksessa käytetyt testausmenetelmät ovat voimassa olevien standardien mukaisia. Ainoastaan repäisylujuus-testi tehtiin vanhan standardin mukaisesti, koska se sopii paremmin monikerroskatteille ja suuren määrän testaamiseen kuin nykyisin käytössä oleva naulanvarren repäisylujuus-testi.

Taivutettavuustesti soveltuu vain yksittäisten kermien testaamiseen, eikä sitä tulisi käyttää monikerroskatteiden testaamiseen. Testattaessa useampikerroksisia katteita, vaikuttavat katteen paksuus ja kermikerrosten kiinnipysyminen tuloksiin. Eristysmateriaalin elastisuutta mittaavat parhaiten taivutettavuustesti ja kylmävetokoe. Eristysmateriaalin ominaisuuksien muutoksista olisi mahdollista saada varmempia tuloksia dynaamisella mekaanisella termisellä analyysillä (DMTA). Tätä testausmenetelmää ei valitettavasti käytössä olleiden resurssien puitteissa voitu valita käytettäväksi testausmenetelmäksi.

Kaikkien katteiden repäisylujuudet olivat huonontuneet keskimäärin noin 2 % verrattuna vuoden 1995 tutkimukseen. Kaikkien katteiden repäisylujuudet olivat parantuneet keskimäärin noin 9 % verrattuna vuoden 2005 tutkimukseen. Repäisylujuuksien perusteella voidaan sanoa CPE-kermikatteiden repäisylujuuden olevan riittämätön katteen pitkäaikaiskestävyyttä ajatellen. CPE-kermikatteen repäisylujuus oli vain viidennes vastaavan PVC-kermikatteen repäisylujuudesta. PVC-kermikatteiden repäisylujuudet olivat kasvaneet keskimäärin noin 10 % vuoden 2005 tutkimukseen verrattuna. PVC-kermikatteiden repäisylujuuden ei voida olettaa pienentyvän iän myötä.

Taivutettavuustesti tehtiin kaikille katteille. Taivutettavuustestin tulokset esitetään tässä tutkimuksessa vain yksikerroksisten bitumikermikatteiden osalta. Taivutettavuuskokeissa havaittiin yleisesti se, että puhalletulla bitumilla liimattujen kohteiden kermien kiinnitys oli kylmissä olosuhteissa selvästi heikompi kuin kumibitumilla hitsattujen kohteiden. Taivutettavuuskokeissa tuli ilmi myös se, että muovibitumikermeihin tuli halkeamia paljon lämpimämmässä lämpötiloissa kuin kumibitumikermeihin. Tämä viittaa kumibitumin parempiin kylmäominaisuuksiin. PVC-kermit ja CPE-kermit kestivät taivutettavuuskokeessa halkeilematta kylminmässä lämpötilassa. Kyseisten katteiden kylmätaivutusominaisuudet ovat erinomaiset.

Sauman vetokokeiden tuloksista havaittiin, että sauman vetolujuudet eivät ole merkittävästi heikentyneet bitumikermikatteiden osalta. Kumibitumikermikatteiden osalta havaittiin, että kumibitumilla hitsaamalla saadaan aikaan huomattavasti vahvempi sauma kuin puhalletulla bitumilla liimaamalla. PVC-kermikatteiden osalta saumojen lujuudet alittivat suurimmalla osalla kohteista vaatimuksen. Suurin osa koekappaleista kuitenkin murtui sauman ulkopuolelta. CPE-kermikatteen osalta sauman vetolujuus oli riittävä, ja koekappaleet murtuivat sauman vierestä.

Vetolujuuskokeet huoneenlämmössä osoittivat, että bitumikermikatteet ylittivät niille asetetut vaatimukset yhtä kohdetta lukuun ottamatta. Kyseisen kohteen katteessa on käytetty sekä lasikuitutukikerroksellista että polyesteritukikerroksellista bitumikermiä, mikä vaikuttaa katteen toimintatapaan. PVC-kermikatteiden vetolujuudet ylittivät pääsääntöisesti niille asetetut vaatimukset. PVC-katteilla havaittiin vähäistä vetolujuuden alenemista kymmenen vuoden takaiseen tutkimukseen verrattuna, mikä viittaa siihen, että kyseinen katetyyppi haurastuu ajan kuluessa. Tutkimuksessa mukana olleen CPE-kermikatteen vetolujuus ylitti sille asetetun vaatimuksen.

Venymät huoneenlämmössä ovat pienentyneet hieman bitumikermien osalta, mikä viittaa hitaaseen bitumin haurastumiseen ajan myötä. APP-muovibitumikermien venymät ovat pienentyneet selvästi enemmän kuin SBS-kumibitumikermien. Tämä viittaa siihen, että SBS-kumibitumikermit säilyttävät venymäominaisuutensa paremmin kuin APP-muovibitumikermit. PVC-kermikatteiden venymät olivat samaa suuruusluokkaa kuin 10 vuotta aikaisemmin. CPE-kermikatteen venymä oli samaa suuruusluokkaa kuin PVC-kermikatteiden venymät. Venymää ei voida kunnolla verrata vuoden 1995 tutkimuksen tuloksiin, koska tuolloin koekappaleet olivat luistaneet vetokoneen leuoista, jolloin venymiksi on saatu liian suuria arvoja.

Kylmässä suoritetuista vetokokeista tuli ilmi, että bitumikermikatteiden vetolujuudet -20 °C lämpötilassa ovat hieman heikentyneet verrattuna aikaisempiin tutkimuksiin. Heikkeneminen oli APP-muovibitumikatteilla voimakkaampaa kuin SBS-kumibitumikatteilla. Tästä voidaan päätellä, että kumibitumikermi säilyttävät vetolujuutensa paremmin kylmissä olosuhteissa. Myös PVC-kermikatteiden kylmävetolujuudet olivat heikentyneet lievästi. Mukana olleen CPE-kermikatteen kylmävetolujuus oli suurin muovikermikatteille mitatuista lujuuksista.

Kylmävetokokeen venymät eivät ole vertailukelpoisia vuoden 1995 tutkimuksen kanssa tuolloin tapahtuneen koekappaleiden luiston vuoksi. Verrattuna vuoden 2005 tutkimuksen tuloksiin nähdään, että bitumikermi ovat säilyttäneet kylmävenymäominaisuutensa lähes muuttumattomina. SBS-kumibitumikermien venymät ovat kuitenkin selvästi suurempia kuin APP-muovibitumikermien venymät, mikä vahvistaa taivutettavuuskokeessa ja kylmävetolujuuskokeessa saatuja havaintoja siitä, että kumibitumikatteet säilyttävät kylmissä olosuhteissa paremmin ominaisuutensa kuin muovibitumikatteet. PVC-kermien osalta ei havaittu kylmävetokokeen venymissä muutoksia vuoden 2005 tutkimukseen verrattuna. CPE-kermikatteen kylmävetokokeen venymä on samaa luokkaa PVC-kermikatteiden kanssa.

SBS-kumibitumikermikatteet olivat tässä tutkimuksessa edustettuna vuodesta 1980 vuoteen 2002. Bitumikermikatteiden tuoteluokkavaatimukset muuttuivat vuonna 2012, joten seuraavaan tutkimukseen kannattaa ottaa mukaan myös 2010-luvun kumibitumikermikatteita. PVC-kermikatteiden osalta tutkimuksessa oli mukana kattoja vuodesta 1984 vuoteen 2000. Kohteita kannattaa seuraavaan tutkimukseen valita enemmän myös 2000- ja 2010-luvulta. Seuraavissa tutkimuksissa ei kannata tehdä taivutettavuuskoetta, koska se ei sovellu monikerroskattoille.

Kaikista tutkituista katoista selvästi suurin osa sijaitsi Etelä-Suomessa. PVC-kermikatteista kaikki sijaitsivat Etelä-Suomessa, joten niiden osalta ilmaston vaikutuksia kattojen ominaisuuksiin ei voitu arvioida.

## 6 RASITUSTEKIJÄT JA NIIDEN HALLINTA

### 6.1 Rasitustekijät

#### 6.1.1 Määritelmät ja jaottelu

Rasitustekijät ovat materiaalien turmeltumisilmiöiden syntymistä ja jatkumista edistävät ulkoiset olosuhdetekijät, jotka voivat johtua käytöstä, ympäristöstä tai rakenteesta itseltään. Turmeltumisilmiö on kemiallisten, fysikaalisten tai mekaanisten muutosten sarja, joka heikentää rakennusosan tai materiaalin ominaisuuksia rasitusten vaikutuksesta. Joidenkin turmeltumisilmiöiden etenemiseen tarvitaan kahden tai useamman rasitustekijän yhteisvaikutus tai turmeltumisilmiön nopeus voi kasvaa niiden yhteisvaikutuksesta.

Rasitustekijät jaotellaan alkuperän mukaan rakennuksen ulko- ja sisäpuolisiin. Tyyppin mukaan rasitukset jaetaan mekaanisiin, sähkömagneettisiin, termisiin, kemiallisiin ja biologisiin. Seuraavassa on kerrottu kermikatteiden eri rasitustekijöistä ja niiden yhteisvaikutuksesta. Onnettomuuksista johtuvia rasitustekijöitä, kuten tulipalo, maanjäristys, räjähdys ja törmäys ei tässä käsitellä.

#### 6.1.2 Rakennuksen ulkopuoliset rasitustekijät

Rakennuksen ulkopuoliset rasitustekijät jaotellaan ilmastollisiin ja maaperästä johtuviin. Tässä työssä käsitellään vain ilmastollisia rasitustekijöitä, koska maaperästä johtuvat rasitustekijät eivät suoranaisesti vaikuta kermikatteisiin. On kuitenkin syytä huomata, että esimerkiksi routimisen aiheuttamat rakenteiden painumat voivat vaikuttaa myös kermikatteiden toimivuuteen hyvinkin oleellisesti.

##### *Mekaaniset ilmastolliset*

Ilmastollisista rasituksista mekaanisia ovat lumi-, sade-, ja vesikuormat, jäätympaine, lämpö- ja kosteuslaajeneminen sekä liike-energian kautta vaikuttavat tuuli, rakeet ja erilaiset iskut. [16]

Lumi-, sade- ja vesikuormat ovat ilmastollisia mekaanisia rasituksia, joissa painovoima on vaikuttavana tekijänä. Kevyt lumipeite on hyvä lämmöneriste, joka tasoittaa lämpötilavaihteluiden jyrkkyyttä [18]. Katteille voi syntyä ongelmia, jos lumimäärä ja lumen paino kasvaa erityisen suureksi, jolloin rakenteisiin saattaa syntyä rakenteen toimivuuden kannalta liian suuria painumia. Myös lumen sulaminen katon pinnalla sisätilojen lämmön vaikutuksesta saattaa olla haitallista katteelle. Tällöin sulanut lumi kulkeutuu vetenä lumen tai jään ja katteen välissä ja aiheuttaa katteeseen vedenpainetta. Ilman viilentyessä vesi jäätyy, jolloin sen tilavuus kasvaa noin 9 %, mikä aiheuttaa kat-

teeseen jäänpainetta ja muodonmuutoksia. Katolla sulanut vesi jäätyy useimmiten kylmillä räystääsalueilla. Toistuvan jäätyminen ja sulamisen seurauksena voi muodostua jääpatoja, joiden yläpuolelle sulamisvesi voi kerääntyä ja nousta ylöspäin rakenteen epätiiviy- ja epäjatkuvuuskohdissa. Toistuva jäätyminen ja sulaminen rasittavat katetta erityisen paljon.

Sadevesi vaikuttaa katteen pintaan kuluttavasti. Voimakkaat sateet, erityisesti raesateet, kuluttavat katetta eniten [18]. Jos kaivo on tukossa tai katealusta on painunut, sadevesi lammikoituu ja aiheuttaa katteeseen vedenpainetta ja mekaanista kuormitusta. Vesi kuljettaa mukanaan monia siihen liukenevia aineita ja mahdollistaa monien fyysikaalisten, kemiallisten, sähkökemiallisten ja biologisten turmeltumisilmiöiden tapahtumisen. Veden vaikutuksesta myös monen turmeltumisilmiön intensiteetti kasvaa huomattavasti [16].

Materiaalien kosteusliikkeet ovat rakenteiden kestävyyskannalta tärkeitä, koska estetyt muodonmuutokset saavat aikaan jännityksiä materiaaleissa ja niitä ympäröivissä materiaaleissa ja rakenteissa. Myös lämpötilan vaihtelut saavat aikaan muodonmuutoksia, jotka puolestaan aiheuttavat rakenteisiin vaurioita. Lämpötilan vaihtelut aiheuttavat jännityksiä materiaaleissa. Lämpötilan vaihteluiden haitallista vaikutusta rakennusosiin voidaan ehkäistä käyttämällä yhteensopivia materiaaleja. Yleensä lämpötilan noustessa materiaalin kosteuspitoisuus pienenee, minkä vuoksi rakenteiden mittojen muutokset ainakin osittain voivat kompensoida toisiaan.

Tuuli vaikuttaa katteeseen kuljettamalla vettä pintoja pitkin, mikä kuluttaa katetta. Tuulen vaikutuksesta vesi nousee katon reuna-alueilla seinille ja ylösnostojen pystypinnoille, minkä vuoksi tarvitaan katteen ylösnostoja ja niiden pellityksiä. Kova tuuli voi myös irrottaa katteen alustastaan tai kattorakenteita suojaavia pellityksiä. Tuulen voima on suurimmillaan katon nurkka- ja reuna-alueilla. Tuulen irrottamien pellitysten iskeytyminen katteen pintaan voi aiheuttaa katteeseen mekaanisia vaurioita.

Katteisiin voi vaikuttaa myös erilaiset eläinten aiheuttamat mekaaniset rasitukset, kuten linnun nokkiminen ja kynsiminen.

### *Sähkömagneettiset ilmastolliset*

Sähkömagneettisia rasituksia kermikatteille aiheuttavat auringon lämpö- eli infrapunasäteily sekä ultraviolettisäteily [20].

Auringon lämpösäteily aiheuttaa pintojen lämpenemisen, mikä nopeuttaa useita eri reaktioita ja muuttaa materiaalien ominaisuuksia. Kaikki aineet absorboivat lämpösäteilyä. Pinnan tyyppi ja väri vaikuttavat oleellisesti absorboituvan säteilyn määrään. Tummat pinnat absorboivat lämpösäteilyä eniten. Auringon lämpösäteilyn vaikutuksesta katteen pintaan voi syntyä huomattavan suuria ja nopeasti tapahtuvia lämpötilanmuutoksia. Lämpötilanmuutokset ovat katteelle haitallisia, ja ne voivat johtaa suuriin jännityksiin katekerroksissa ja niiden välisissä saumoissa. Veden läsnäolo lisää säteilyn vaikutusta orgaanisiin aineisiin [19]. Veden läsnäolo toisaalta vähentää katteen pinnan lämpenemistä.

Ultraviolettisäteily vaikuttaa kaikkiin orgaanisiin materiaaleihin hajottamalla niiden molekyyliketjuja ja saamalla aikaan uusia sidoksia. Bitumi on hyvin inertti aine, eli se reagoi vain hyvin harvojen aineiden tai räsytysten kanssa. Auringon ultraviolettisäteilyn määrään vaikuttaa auringon korkeus, pilvisyys, ilmasto- olosuhteet sekä korkeus meren pinnasta. Ultraviolettisäteily johtaa materiaalien mekaanisten ja esteettisten ominaisuuksien heikkenemiseen, kuten lujuuden menetys, haurastuminen sekä värimuutokset.

#### *Termiset ilmastolliset*

Termisiä eli lämpötiloista johtuvia räsytystekijöitä ovat korkeat ja matalat lämpötilat sekä lämpötilan vaihtelut.

Lämpötilan vaikutukset rakennusaineen tai rakenteen kestävyysasteeseen riippuvat lämpötilasta itsestään, lämpötilalle altistumisen ajasta sekä lämpötilan vaihtumisen nopeudesta. Lämpösäteily nostaa lämpötilaa, mikä tavallisesti lisää reaktionopeutta ja siten myös turmeltumista. Korkeat lämpötilat pehmentävät ja laajentavat materiaalia, kun taas matalissa lämpötiloissa materiaali saattaa haurastua ja kutistua. Lämpötilan vaihtelut aiheuttavat jännityksiä materiaaleissa. Jännitysten suuruudet ovat riippuvaisia lämpötilaerosta ja lämpötilan muutosnopeudesta. Esimerkiksi kuumaan, tummaan kattopintaan satava vesi voi laskea katteen pinnan lämpötilaa kymmeniä asteita. Lämpötilan vaihtelun aiheuttamat pienet halkeamat voivat johtaa muiden vaurioiden syntyyn.

#### *Kemialliset ilmastolliset*

Kemiallisia räsytysfaktoreita ovat ilman epäpuhtaudet, kosteus, happi ja otsoni. Ulkoilma sisältää happea noin 21 %. Happi on osallisena lähes kaikissa orgaanisen aineen turmeltumisilmiöissä. Myös ilman sisältämä otsoni vaikuttaa aineisiin samoin kuin happi. Ulkoilman sisältämistä epäpuhtauksista merkittävimmät ovat erilaiset hapot ja suolat, joiden määrään ja laatuun vaikuttaa oleellisesti rakennuksen maantieteellinen sijainti.

Kosteus vaikuttaa materiaaleihin ja niiden kestävyysasteeseen monella tavalla. Kosteus itsestään vaikuttaa materiaaleihin, mutta se myös luo suotuisia olosuhteita muille räsytystekijöille tai voimistaa niiden vaikutusta. Kosteus vaikuttaa melkein kaikkien materiaalien lujuuteen ja kimmokertoimeen.[19]

#### *Biologiset ilmastolliset*

Biologisia räsytysfaktoreita aiheuttavat kasvit ja mikrobit. Biologinen räsytys vaatii aina riittävän korkean kosteuspitoisuuden toimiakseen.

Kermikatteille haitallisia ovat levät, jäkälät, sammaleet ja kasvit. Levät, jäkälät ja sammaleet kasvavat hyvin erilaisten materiaalien pinnoilla, joissa ne edistävät materiaalien turmeltumista estämällä pinnan kuivumisen ja rapauttaen alustansa myös kemiallisesti [20]. Toisaalta ne hidastavat pinnan kosteusvaihtelua. Sammaleet kasvavat vasta myöhemmin pinnoilla, joissa pinta tai siinä oleva levä- ja jäkäläkasvusto on alkanut



maatua. Huoltotoimenpiteiden puutteellisuudesta johtuen katolla saattaa kasvaa erilaisia kasveja tai jopa puita, joiden juuret saattavat vaurioittaa katetta. Välillinen biologinen rasitus aiheutuu esimerkiksi puiden varjostuksesta, joka hidastaa katteen kuivumista. Lisäksi puista putoavat lehdet saattavat aiheuttaa veden padottumista katolle. Myös lintujen ulosteista voi tulla katteisiin biologisia tai kemiallisia rasituksia.

### 6.1.3 Rakennuksen sisäpuoliset rasitustekijät

Rakennuksen sisäpuoliset rasitustekijät jaotellaan rakenteista ja käytöstä aiheutuviin rasituksiin.

#### *Rakenteista johtuvat rasitustekijät*

Rakenteista johtuvia rasitustekijöitä ovat pysyvät kuormat, materiaalien lämpö- ja kosteusliikkeet sekä materiaalien yhteensopimattomuus [9]. Lisäksi säteilevät ja heijastavat pinnat mahdollistavat säteilyrasitustekijöiden syntymisen tai keskittymisen.

Rakenteiden pysyvät kuormat saattavat aiheuttaa katealustaan taipumisen, jolloin vedenpoiston toimivuus voi kärsiä. Pahimmassa tapauksessa katteeseen voi tulla repeämä. Materiaalien erilaiset lämpö- ja kosteusliikkeet aiheuttavat katteisiin jännityksiä ja muodonmuutoksia. Materiaalien yhteensopimattomuus voi aiheuttaa toisen tai molempien materiaalien turmeltumisen. Esimerkiksi PVC-kermikate ei ole yhteensopiva bitumikermikatteen kanssa, joten näiden kerrosten väliin on aina laitettava erotuskerros. Suositeltavin erotuskerros on mineraalivilla, mutta myös lasikuituhuopaa tai polyesterihuopaa voi käyttää erotuskerroksena.

#### *Käytöstä johtuvat rasitustekijät*

Käytöstä johtuvia rasitustekijöitä ovat ihmisten toiminnasta aiheutuvat mekaaniset rasitukset ja rakennuksen sisätilojen käytöstä aiheutuvat kemialliset rasitukset. Puutteellisen huollon tai vääränlaisen käytön seurauksena monet muut rasitustekijät, kuten kosteus ja biologiset rasitustekijät, pääsevät vaikuttamaan katteen ominaisuuksiin.

Ihmisten toiminnasta johtuvat rasitustekijät ovat kattojen osalta pääasiassa ulkopuolisia, kuten katolla kulkemisesta, huoltotoimenpiteistä ja tavaran varastoinnista aiheutuvat rasitukset. Katolla kulkeminen rasittaa katetta mekaanisesti kuluttamalla. Huoltotoimenpiteiden seurauksena kate saattaa vahingoittua putoavien työkalujen tai virheellisten huoltotoimenpiteiden, kuten lumen- ja jäänpoiston seurauksena. Puutteellisten huoltotoimenpiteiden tai virheellisten korjausten seurauksena monien rasitustekijöiden, kuten kosteus ja biologiset rasitukset, vaikutusajat ja rasitustasot voivat kasvaa [8]. Katolle saattaa jäädä työskentelyn jälkeen erilaisia työtavaroita, jotka hidastavat veden poistumista, keräävät roskia ja antavat näin suotuisat olosuhteet biologisille rasituksille sekä kosteusrasitukselle. Painavien tavaroiden varastointi saattaa aiheuttaa katon painumisen. Muita käytön aikaisia rasituksia voi aiheuttaa esimerkiksi ilkivalta.

Rakennuksen sisäilmasta siirtyy kosteutta yläpohjarakenteeseen riippuen sisäilman kosteuspitoisuudesta, ulko- ja sisäilman välisestä paine-erosta sekä rakenteen tiiviyydestä. Rakenteen ulko- ja sisäilman välinen paine-ero on suurin talvella, jolloin lämpötila-ero rakenteen eri puolilla on suurin. Mikäli rakenteen ilma- ja höyryntiiviys on puutteellinen, yläpohjarakenteeseen voi kertyä kosteutta ilmavuotojen ja vesihöyryn diffuusion seurauksena [8]. Talvella rakenteen kuivuminen on hidasta, koska ulkoilman suhteellinen kosteus on suuri eikä tuuletusilmaan pysty sitoutumaan paljon rakenteessa olevaa kosteutta. Kosteus, joka ei tuuleteta pois, tiivistyy katteen tiiviiseen ja kylmään alapintaan, aiheuttaen siihen kosteusrasitusta. Tiivistynyt kosteus jäätyy kylminä aikoina, mikä aiheuttaa jäänpainetta katteen alapuolelle. Jäänpaine saattaa irrottaa katteen alustastaan tai aiheuttaa sen repeytymisen. Pahimmassa tapauksessa jäänpainetta voi olla katteen molemmilla puolilla.

Rakennuksen käytöstä johtuvat muut kemialliset rasitukset ovat riippuvaisia rakennuksen käyttötarkoituksesta. Ilmavuotojen seurauksena tulevat sisäilman epäpuhtaudet saattavat olla haitallisia katemateriaaleille. Katteen osat, jotka ovat poistoilmakoneiden ilmavirtojen alaisina, joutuvat suurimman rasituksen kohteeksi. Myös savupiippujen läheisyydessä saattaa katteeseen kohdistua huomattavan suuria kemiallisia rasituksia.

## **6.2 Rasitustekijöiden hallinta**

### **6.2.1 Yleistä**

Kermikatteiden pitkäaikaiskestävyyteen voidaan vaikuttaa hallitsemalla edellä kuvattuja rasitustekijöitä. Hallintakeinoina ovat rasitustekijöiden poistaminen, niiden tason alentaminen ja vaikutusaikojen lyhentäminen sekä materiaalien kestävyysominaisuuksien parantaminen. Katteen ja koko yläpohjarakenteen urakointimenetelmillä on myös suuri merkitys kermikatteiden pitkäaikaiskestävyyteen. Seuraavassa on kerrottu tutkimustulosten perusteella eri keinoista, joilla voidaan hallita edellä kuvattuja rasitustekijöitä.

### **6.2.2 Materiaalien ominaisuudet**

Tutkimuksen perusteella voidaan sanoa, että nykyisin voimassa olevat katemateriaalien vaatimukset ovat riittävät. Vaatimuksien korottamiselle ei ole tarvetta. Katemateriaalien tärkeimpiä ominaisuuksia ovat hyvät venymäominaisuudet ja elastisuus myös matalissa lämpötiloissa sekä korkea repäisylujuus. Kermien vetolujuudet eivät pienene ajan kuluessa, joten tärkeämpää on niiden venymäominaisuuksien säilyminen. Katemateriaalien elastisuuden voidaan sanoa olevan yksi tärkeimmistä ominaisuuksista. Nykyisin kermiä kiinnitetään mekaanisesti aina kun se on tarpeellista, joten repäisylujuus on myös tärkeässä roolissa kermikatteiden pitkäaikaiskestävyyttä ajatellen. Tärkeää on myös oikeanlaisten kiinnikkeiden käyttäminen. Katemateriaalien hyvät ominaisuudet vähentävät joidenkin suunnittelussa ja asennuksessa tapahtuvien puutteiden vaikutuksia kattojen pitkäaikaiskestävyyteen.

### 6.2.3 Suunnitteluratkaisut

Suunnitteluratkaisuilla voidaan vaikuttaa katon pitkäaikaiskestävyyteen huomattavan paljon. Erityisesti hyvällä vedenpoiston suunnittelulla voidaan vaikuttaa rasiustekijöitä alentavasti. Huonosti toimiva vedenpoisto pidentää katteen kosteusrasitusaikaa ja saattaa aiheuttaa veden- ja jäänpainetta katolle ja erityisesti kaivon ympärille. Rakenteen kosteusteknisellä suunnittelulla voidaan vaikuttaa sisätiloista tulevan kosteusrasituksen tasoon. Lisäksi katon pitkäaikaiskestävyyteen voidaan vaikuttaa käyttämällä paremmin rasituksia kestäviä materiaaleja sekä katon yksityiskohtien tarkalla suunnittelulla ja toteutuksella.

Katon vedenpoiston toimivuuteen voidaan vaikuttaa monella tavalla. Eniten siihen vaikuttavat katon kaltevuus ja vedenpoistotapa. Mikäli katon vedenpoisto on ulkopuolinen, vesi valuu katolta varmemmin ja nopeammin, kuten myös jyrkemmltä katoilta verrattuna loivempiin. Katoilla, joissa on ulkopuolinen vedenpoisto, roskaantuminen on vähäisempää. Tutkimuskohteista liian loivilta tuntuivat ne katot, joiden kaltevuus oli pienempi kuin 1:40. Näillä katoilla vesi lammikoitui yleisesti, niiltä irtosi sirotetta ja ne roskaantuivat eniten.

Katolle ei aina voida tai ei kannata suunnitella ulkopuolista vedenpoistoa. Tällöin vedenpoistoon ja sen toimivuuteen on kiinnitettävä erityisen paljon huomiota. Jirien kaltevuuksien on oltava riittävät ja veden virtausreittien pituuksien tarpeeksi lyhyet ja esteettömät. Katon joka kohdasta tulee varmistaa veden esteetön pääseminen katto-kaivoille.

Kattokaivojen sijoittamisessa on otettava huomioon niiden halkaisija ja lukumäärä. Kattokaivoja ei tulisi sijoittaa kantavien rakenteiden kohdille, koska rakenteiden painuessa kantavien rakenteiden kohdat painuvat vähiten. Tällöin on riski, että kaivot jäävät muuta kattoa korkeammalle. Kaivot tulisi pyrkiä sijoittamaan sellaisiin kohtiin, joissa kattorakenteen taipuma muodostuu suurimmaksi, kuten kantavien palkkien väliin keskelle. Nykyisin kaivon kohdille tehtävistä syvennyksistä ollaan luopumassa, koska jyrkkiä taitoksia on vaikeaa tehdä kumibitumikermeistä. Ohjeena onkin tehdä katto tasaiseksi kaivon ympäriltä. Tällöin voidaan olla varmoja siitä, että kermi eivät irtoa kaivon laipasta. Myös kallistuksen suurentaminen kaivon lähellä on hyvin perusteltua. Kaivon laippa tulee kiinnittää mekaanisesti alustaan. Kaivoina tulee käyttää haponkestävästä teräksestä valmistettuja, riittävän suurella laipalla varustettuja kattokaivoja. Kaivon ympärillä tulee olla riittävän suuri lehtisihti.

Kattokaivojen suunnittelussa tulee ottaa huomioon se, että jokainen kattokaivo on läpivienti, ja näin ollen riskitekijä katon toimivuuden kannalta. Tämän vuoksi kannattaa käyttää riittävän suuria kaivoja oikeissa paikoissa sen sijaan, että käytettäisiin paljon pieniä kaivoja useissa paikoissa, kuitenkin huomioiden riittävän lyhyet valumamatkat. Myös kattokaivon jäätyminen on sitä todennäköisempää, mitä pienempiä kaivoja käytetään. Jäätyminen riskiä voidaan pienentää käyttämällä lämmitettyjä kattokaivoja. Riittävän suurten lehtisihtien käyttö vähentää kaivojen tukkeutumisia. Kuvassa 6.1 on katon nurkassa pystypinnan lähellä sijaitseva kattokaivo, joka on tukossa.



Kuva 6.1. Kattokaivo sijaitsee katon nurkassa pystypinnan vieressä. Lisäksi kaivo on tukossa.

Joidenkin tutkimuskohteiden jireissä oli erilaisia läpivientejä, kuten viemärin tuuletusputkia. Osasta oli aiheutunut jopa vuotoja. Läpivientejä oli myös sijoitettu hyvin lähelle toisiaan, mitä ei suositella tehtäväksi siksi, että läpivientien välin yksityiskohtien tekeminen hankaloituu huomattavasti, ja samalla vuotoriski kasvaa. Materiaalien hyvät ominaisuudet mahdollistavat vaikeidenkin yksityiskohtien tekemisen, mutta riskejä kannattaa suunnittelun keinoin välttää mikäli mahdollista. Kuvassa 6.2 on huonosti sijoitetut läpiviennit.



Kuva 6.2. Viemäreiden tuuletusputket (2 kpl) on sijoitettu liian lähelle toisiaan ja räystäsnoston juurelle. Lisäksi tuuletusputket ovat suoraan tikapuiden kohdalla, jolloin niistä voidaan ottaa tukea katolle kuljettaessa. Kuvassa katolla on noin 40 cm vettä, koska kaikki kyseisen lappeen kattokaivot ovat tukossa.

Ylösnostojen korkeuteen tulee kiinnittää huomiota, erityisesti katon rintataiteissa. Ylösnoston korkeus on yleisesti ollut 300 mm jo pitkään, mutta vieläkin suurempia ylösnostoja voidaan käyttää joissakin kohdissa, esimerkiksi korkean seinän tai useiden seinien nurkkakohdissa. Myrskytuulella vesi voi nousta huomattavan korkealle seinää pitkin. Tästä syystä myös räystäällä täytyy olla myrskypellit.

Yläpohjan ilman- ja vesihöyryntiiviyteen tulee kiinnittää suunnittelussa huomiota höyrynsulkumateriaalia valittaessa. Paremman materiaalin käyttö helpottaa työn tekemistä ja antaa paremman ja riskittömämmän lopputuloksen. Näin voidaan vähentää rakenteen sisäpuolista kosteusrasitusta. Vähimmäisvaatimuksena on se, että ontelolaattojen saumojen kohdista tapahtuvat ilmavuodot estetään esimerkiksi kermikaistalla. Parempi ratkaisu olisi kuitenkin asentaa kermi kaikkialle laatastoa päälle.

Rakenteen tuuleuksesta tulee huolehtia, koska rakennuksen sisäpuolinen kosteus ja rakenteessa tapahtuvan kondenssin aiheuttama kosteus pitää tuulettaa pois rakenteesta [8]. Lisäksi rakenteen puutteellinen tuuletus voi aiheuttaa rakenteeseen paineen kerääntymistä, joka purkautuu pois sieltä mistä helpoiten pääsee. Tämä voi avata kermien saumoja ja aiheuttaa vesivuotoja rakenteisiin. Yleensä loivilla katoilla tuuleuksesta huolehditaan asentamalla riittävä määrä alipainetuulettimia katon hajakohtiin sekä käyttämällä eristyskerroksessa uritettua mineraalivillaa. Harjakohdille tulee tehdä kokoojaura alipainetuulettimien välille, jolloin katto pääsee tuulettumaan kaikkialta.

Teräspoimulevyn ja höyrynsulun välissä tulee käyttää riittävän kovaa ja tasaista alustaa, esimerkiksi rakennuslevyä. Tällöin höyrynsulun asentaminen helpottuu ja läpivientien sekä saumojen tiivistäminen on huomattavasti helpompaa ja luotettavampaa. Katteen kiinnitys mekaanisesti teräspoimulevyyn rikkoo höyrynsulkua pistemäisesti, mutta rikkoutuminen on selvästi vähemmän haitallista, kun höyrynsulun alusta on tasainen. Kiinnikkeiden tulee osua teräspoimulevyn yläosaan. Mikäli kiinnike asennetaan huolimattomasti, se osuu poimujen väliin tai alaosaan. Tällöin höyrynsulun rikkoutuminen on huomattavasti suurempaa, mikäli sen alapuolella ei ole tasaista alustaa.

Suuret läpiviennit kannattaa sijoittaa harjojen kohdille, jolloin vesi ei virtaa niiden reunoille ja vastakallistuksia ei tarvita. Muuten riittävän suuret vastakallistukset tulee olla merkittynä suunnitelmiin. Pienten läpivientien osalta vastakallistukset on myös suunniteltava ja tehtävä. Pienet läpiviennit voidaan myös sijoittaa viistosti katon lappeen nähden, jolloin niihin ei tarvitse tehdä vastakallistuksia.

Kaikkiin katon liitoskohtiin tulee kiinnittää suunnittelussa huomiota. Erityisesti pelityksien suunnitteluun pitäisi kiinnittää enemmän huomiota. Tutkituissa kohteissa havaittiin todella paljon virheitä juuri pelityksissä. Kuvassa 6.3 on räystäspellitöiden liitos seinään.



Kuva 6.3. Räystäspellin liitos korkeampaan seinään. Liitos on virheellisesti tiivistetty elastisella kittauksella, joka on myöhemmin irronnut seinästä ja pellistä. Peltiä ei ole kiinnitetty seinään mekaanisesti.

Suunnittelulla voidaan vaikuttaa välillisesti myös katon huoltotoimenpiteiden laatuun ja mekaanisiin rasitustekijöihin. Huollon laatuun saattaa vaikuttaa katolle kulkemisen helpous. Tämän vuoksi katolle kulkeminen tulee suunnitella mahdollisimman helpoksi. Korkeissa rakennuksissa hissillä olisi hyvä päästä mahdollisimman lähelle kattoa tai joissain tapauksissa jopa suoraan katolle. Mikäli katolle kulku on ulkopuolinen, kierreportaat ovat parempi ratkaisu kuin tikapuut. Katolle pääsyä tulee rajoittaa ilkvallan estämiseksi.

#### 6.2.4 Katteen asennus

Katteen ja koko yläpohjarakenteen asennus tulee tehdä suunnitelmien mukaisesti. Kermikattojen pitkäaikaiskestävyys on paljolti asennuksesta riippuvainen. Tästä syystä asennukseen ja sen valvontaan on syytä kiinnittää erityistä huomiota. Kattoon rakentamisvaiheessa kohdistuvat rasitukset ovat erilaiset mekaaniset rasitukset sekä rakennusaikainen kosteus. Kattotöiden valvonnassa on syytä kiinnittää erityistä huomiota katon mekaaniseen kiinnitykseen ja kiinnikkeiden riittävään määrään. Lisäksi on valvottava rakennusmateriaalien kosteussuojausta työn aikana.

Katteen asennusvaiheessa oikeilla asennusmenetelmillä sekä huolellisesti tehdyllä työllä ja yksityiskohdilla tehdään mahdolliseksi suunnitellun käyttöiän saavuttaminen ja jopa ylittäminen. Asennusvaiheessa tärkeimmät työvaiheet ovat katteen kiinnitys- ja saumaustyö, yksityiskohtien tiivistäminen sekä pellitysten tekeminen.

Rakennusvaiheessa katteeseen aiheutuu rasituksia katolla kulkemisesta. Kattamistyön aikana ja sen jälkeen katolla kulkemista tulisi rajoittaa. Valmiin katteen päällä ei pitäisi varastoida rakennustarvikkeita tai jätteitä. Mikäli katolla kuljetaan tai varastoidaan tavaraa kattamisen jälkeen, tulee katto suojata huolellisesti, jotta katteen rasituksia voidaan hallita. Suojaamattomilla katon osilla ei tulisi kulkea tai säilyttää mitään.

### 6.2.5 Katon käyttö- ja huoltotoimenpiteet

Katon käyttö- ja huoltotoimenpiteet rasittavat katetta mekaanisesti. Rasituksia aiheutuu katolla kulkemisesta, katon ja siellä olevien laitteiden huoltotoimenpiteistä, vesikatteelle tehtävistä korjaustoimenpiteistä sekä mahdollisesta tavaroiden varastoisesta katolla. Rasituksien suuruus riippuu paljon katolla kulkemisen määrästä ja huoltohenkilöstön toimintatavoista. Huoltotoimenpiteiden puutteellisuudesta johtuen katteeseen saattaa ilmaantua muitakin rasituksia, kuten kosteus ja biologiset rasitustekijät sekä veden- ja jäänpaine.

Katon käytöstä johtuvien mekaanisten rasitustekijöiden vaikutusta voidaan pienentää vähentämällä katolla kulkemista sekä tekemällä paljon käytetyille kulkureiteille erilliset kulkutiet. Kulkuteiden merkitys korostuu talvella, jolloin katon vaurioitumisherkkyys on suurempi kuin kesällä. Katolla työskenneltäessä alueen suojaaminen esimerkiksi vanerilevyllä tai muulla vastaavalla vähentää putoavista tavaroista aiheutuvaa mekaanista rasitusta.

Katoille käytön aikana tehdyissä lisärakenteissa oli virheitä joidenkin tutkimuskohdeiden osalta. Muutamassa kohteessa kiinnityksiä oli tehty katteen läpi. Virheitä oli yleisimmin mainoskylttien kiinnityksissä ja talotikkaiden kiinnityksissä sekä läpivientien lisäämisessä tai poistamisessa tehdyt virheet.

Tavaroiden varastointi on yksi pahimmista kermikatteiden käytön aikaisista rasituksista. Pahimman rasituksen aiheuttavat painavat tavarat, joiden seurauksena saattaa olla katealustan painuminen tai katteen puhkeaminen. Katoilla havaittiin tavaroiden varastoisesta tai putoamisesta aiheutuneita katteen puhkeamisia. Tavaroiden varastointi katolla saattaa myös estää veden poistumista katolta tai lisätä katon roskaantumista. Joillakin katoilla varastoitiin rakennuksen muiden osien korjauksia varten tarvittavia tavaroita.

Katon ja erityisesti kaivojen ympäristen säännöllisellä puhdistamisella voidaan oleellisesti vaikuttaa kermikatteiden pitkäaikaiskestävyyteen. Säännöllisten huoltotoimenpiteiden merkitys korostuu sellaisilla alueilla, joilla on suuri taipumus roskaantumiseen ja likaantumiseen. Kattokaivojen tukkeutumisesta voi pahimmillaan aiheutua erittäin suuria vesivahinkoja, mikäli katteen päällä oleva suuri vesimassa aiheuttaa kaivoa avattaessa sen, että kaivon vedenpoistoputken liitos aukeaa.

Ulkopuolinen vedenpoisto tapahtuu räystäskouruilla, joiden säännöllinen puhdistaminen on myös tärkeää. Tukossa oleva räystäskouru voi vaikuttaa vain harvoin katon toimivuuteen, mutta vauriota saattaa aiheutua kourulle sekä mahdollisesti myös räystästä seinärakenteelle veden valuessa kourun yli. Veden poistuminen katolta saattaa myös hidastua.

Kattokaivojen ja räystäskourujen lisäksi eniten huoltoa vaativia kohtia ovat katon nurkkakohdat ja kulmat sekä erilaisten laitteiden vierustat ja alustat, jotka saattavat kerätä paljon roskaa. Roskaantumisen seurauksena kate pysyy märkänä ja biologiset rasi-  
tustekijät saavat kasvualustan. Erityisen paljon huoltotoimenpiteitä pitäisi kohdistaa sellaisiin kohtiin, missä kattokaivo sijaitsee katon nurkkakohdassa, koska tällöin kaivo roskaantuu erittäin paljon, ja tukkeutumisen riski on suuri.

Katolla havaitun puutteen korjaamatta jättäminen voi mahdollistaa jonkin rasi-  
tustekijän syntymisen tai rasi-  
tustason kasvamisen. Tällainen puute voi olla vaikkapa huonos-  
ti kiinni oleva pellitys tai sauman avautumisen korjaamatta jättäminen. Korjaustoimen-  
piteiden laiminlyöminen seurauksena pienistä puutteista voi tulla suuria, jolloin niiden  
korjaaminen on paljon työläämpää ja kalliimpaa. Tutkimuskohteissa läpivientejä oli  
tiivistetty monin eri tavoin. Joissakin kohteissa läpivienteihin oli tehty korjauksia, jotka  
olivat kuitenkin alkaneet taas pian vuotamaan. Tällaisia olivat esimerkiksi viemärin  
tuuletusputkien juurien korjaukset. Katon korjaustoimenpiteet kannattaa teettää alan  
ammattilaisilla, jolloin korjauksen onnistumisen on varmempaa.

Kattojen huollon tarpeeseen vaikuttavat rakennuksen sijainti, katon muoto ja korke-  
us, puuston läheisyys sekä mahdollinen suojakiveys. Eniten huollon tarvetta on katoilla,  
jotka sijaitsevat runsaasti roskaantuvilla alueilla, jossa on paljon puita ympärillä. Mata-  
lilla katoilla roskaantuminen on huomattavasti yleisempää kuin korkeilla. Katon muo-  
doista roskaantumiseen vaikuttavat vedenpoisto sekä katolla mahdollisesti olevat kul-  
ma- ja nurkkakohdat. Mikäli katon vedenpoisto on ulkopuolinen, on katon roskaantu-  
minen huomattavasti vähäisempää kuin kattokaivolisella katoilla. Kattojen kulmissa  
olevat kaivot keräävät eniten roskaa. Lisäksi kattokaivon halkaisija ja lehtisihdin käyttö  
vaikuttavat kaivon roskaantumiseen ja tukkeutumisherkkyyteen.

Huolto-ohjeen mukaan katto tulee puhdistaa vähintään kaksi kertaa vuodessa, keväi-  
sin ja syksyisin. Lisäksi syksyisin puhdistus tulee suorittaa viikon välein, mikäli katon  
roskaantuminen on suurta. Syksyllä katon puhdistaminen on erittäin tärkeää, jottei ka-  
tolle jäisi lammikoita. Jäätyessään lammikot aiheuttavat katteeseen jäänpainetta ja pak-  
kovoimia, jotka saattavat lyhentää katon käyttöikää.

Huoltotoiminta tutkituilla katoilla oli huolestuttavan huonolla tolalla. Tutkimuksen  
perusteella voidaan suositella huoltotoimenpiteiden tarpeellisuuden painottamista kaikil-  
le rakennusten kunnosta vastaaville henkilöille. Mikäli katon huollon tarvetta ei tiedetä,  
on katon huolto erittäin suurella todennäköisyydellä aivan liian vähäistä. Nykyisin ka-  
tourakoitsijat luovuttavat katon huolto-ohjeet liitettäväksi kiinteistön huoltokirjaan.  
Huollon opastaminen käyttäjälle huolto-ohjeen luovuttamisen yhteydessä parantaisi  
varmasti tietämystasoa.

Katon oikealla käytöllä ja säännöllisellä huollolla varmistetaan katolle suunnitellun  
käyttöään toteutuminen. Katon säännöllisillä huoltotoimenpiteillä voidaan estää joiden-  
kin rasi-  
tustekijöiden syntyminen tai vähentää niiden vaikutusaikoja sekä alentaa rasi-  
tustasoa. Katon käyttöään alussakin tapahtuneet huoltotoimenpiteiden laiminlyönnit vaikut-  
tavat pitkäaikaiskestävyyteen. Säännöllisellä tai tehostetulla huollolla voidaan vähentää  
joidenkin suunnitteluvirheiden vaikutuksia katon käyttöikään.



## 7 YHTEENVETO

Kattoliiton ja VTT:N vuosina 1988 [12] ja 1995 [10] ja [11] yhteistyössä tekemissä tutkimuksissa saatiin hyviä tuloksia modifioitujen bitumikatteiden soveltuvuudesta Suomen olosuhteisiin. Erityisesti kumibitumikermikatteiden toimivuus todettiin molemmissa tutkimuksissa hyväksi. Lisäksi vuonna 2005 [24] tehty tutkimus toi esille kumibitumikermien hyvät ominaisuudet. Tuolloin tutkittiin myös joitakin PVC-muovikermikatteita. Tässä tutkimuksessa pyritään edelleen selvittämään muovibitumikermien, kumibitumikermien, PVC-muovikermien sekä CPE-muovikermien soveltuvuutta Suomen olosuhteisiin ja niiden mekaanisten ominaisuuksien muutoksia ajan kuluessa.

Tämän tutkimuksen pääpaino oli laboratoriokokeissa, joiden menetelmät valittiin vuoden 2005 tutkimusta vastaaviksi ja pääosin voimassa olevien standardien mukaisiksi. Laboratoriokokeet ovat tarkoitettu vain yksittäisten kermien ominaisuuksien testaamiseen. Monikerroskatteille menetelmät soveltuvat vain tietyin varauksin ja tulokset ovat riippuvaisia joistakin koekappaleiden toimintatavoista testauksen aikana. Tässä tutkimuksessa laboratoriokokeita tehtiin katoilta otetuille näytepaloille viisi kappaletta: repäisylujuuskoe, taivutettavuuskoe, vetolujuus- ja venymäkoe (+23 °C), sauman vetolujuuskoe huoneenlämmössä (+23 °C), sekä vetolujuus- ja venymäkoe kylmässä (-20 °C).

Repäisylujuuskoe soveltuu melko hyvin monikerroskatteille ja testaa pääasiassa kermien tukikerrosten ominaisuuksia. Kokeen onnistumisen kannalta ei ole olennaista se, pysyvätkö kermikerrokset kiinni toisissaan, joten kermien liimautumisen kestävyys ei vaikuta tuloksiin paljoa. Tuloksia voitiin myös parhaiten verrata aikaisempien tutkimusten tuloksiin.

Taivutettavuuskoe ei sovellu monikerroskatteille, koska tulokset riippuvat kermien toisissaan kiinnipysymisestä taivutuksen aikana sekä koekappaleen paksuudesta. Testaus suoritettiin kaikille tutkimuskohteille, mutta tulokset esitettiin vain yksikerroskatteiden osalta.

Huoneenlämmössä suoritettussa vetokokeessa mitattiin kатteen vetolujuutta ja venymää. Monikerroskatteiden tulokset ovat jonkin verran riippuvaisia kermien kiinnipysymisestä vetokokeen aikana, erityisesti venymän osalta. Mitä paremmin kermit pysyivät kiinni toisissaan, sitä suurempi vetolujuuden arvo saatiin, mutta vastaavasti venymän arvo oli pienempi. Tulosten vertaaminen 10 vuotta aikaisemmin tehdyn tutkimuksen tuloksiin onnistui hyvin, koska molemmissa tutkimuksissa käytettiin samoja vetolujuuskokeen testausparametreja ja molemmissa koekappaleiden kiinnipysyminen oli hyvä. Tulosten vertaaminen 20 vuotta aikaisemmin tehdyn tutkimuksen tuloksiin on jonkin

verran epämääräistä, koska tuolloin koekappaleet olivat huonosti kiinni vetokoneen leuoissa ja pääsivät luistamaan joidenkin kohteiden osalta. Tuolloin käytettiin myös eri parametreja vetokokeessa.

Sauman vetokoe on tuotestandardissa EN 13707 [4] vaatimuksena vain yksikerroskatteille. Monikerroskatteiden sauman vetokokeen koekappaleessa oli mukana pinta-kermin saumakohdan lisäksi myös ehjä aluskermi, jossa ei ollut saumaa. Vetolujuutta verrattiin katteen kermien poikkisuuntaisten vetolujuuksien vaatimuksiin. Sauman vetokokeen tuloksia voitiin verrata hyvin kahden aikaisemman tutkimuksen tuloksiin.

Kylmävetokokeessa tulokset riippuvat selvästi enemmän kermien liimautumisen kestävydestä kuin huoneenlämmössä suoritettussa vetokokeessa. Venymä on sitä pienempi, mitä vähemmän kermien liimautuminen rikkoutuu vetokokeen aikana. Kermien pinnan halkeilu on sitä suurempaa, mitä vähemmän kermien liimautuminen rikkoutuu. Vuoden 1995 tutkimuksessa koekappaleet olivat liian heikosti kiinni vetokoneen leuoissa, joten kylmävenymät olivat tuolloin huomattavan suuria. Tämän tutkimuksen kylmävenymä ei siis voida verrata tuolloin mitattuihin kylmävenymiin, mutta kylmävetolujuuksiin vertailu voidaan tehdä. Vuoden 2005 tutkimuksen tulokset olivat tämän tutkimuksen tuloksien kanssa vertailukelpoisia.

Laboratoriokokeiden perusteella vanhat kumibitumikermi (12 kpl, keski-ikä 30 vuotta) ovat säilyttäneet ominaisuutensa huomattavasti paremmin kuin muovibitumikermi (3 kpl, keski-ikä 28 vuotta). Bitumikermikatteiden venymäominaisuudet olivat hitaasti heikentyneet, mutta ovat edelleen tuoteluokkavaatimuksia parempia. Kumibitumikermien mekaanisten ominaisuuksien muuttuminen iän myötä on erittäin vähäistä. Aikaisempien tutkimusten tuloksiin verrattuna mitkään lujuusarvot eivät olleet selvästi huonompia kuin aikaisemmissa tutkimuksissa. Vanhempien kohteiden kermi on liimattu puhalletulla bitumilla, kun taas uudempien kohteiden kermi on hitsattu kumibitumilla. Laboratoriokokeiden perusteella suurin ero kohteiden välillä on saumojen kestävydessä. Sauman vetokokeessa puhalletulla bitumilla liimattujen kermien saumat avuksivat selvästi useammin kuin kumibitumilla liimattujen kermien saumat. Kumibitumilla hitsaamalla saadaan kermien välille ja alustaan huomattavasti parempi kiinnittyminen kuin puhalletulla bitumilla liimaamalla.

Tutkimuksessa oli mukana 4 vanhaa APP-muovibitumikermiä, joista 3 oli kaksikerroskatteita ja yksi oli yksikerroskate. Muovibitumikermikatteiden repäisylujuudet kasvoivat molempiin aikaisempiin tutkimuksiin verrattuna yli 10 %. Kaksikerroskattiset muovibitumikermi ylittivät repäisylujuuden vaatimuksen selvästi, mutta yksikerroskate alitti sen niukasti. Muovibitumisen yksikerroskatteen taivutettavuus oli selvästi huonompi kuin sille asetettu vaatimus. Muovibitumikermien heikot kylmäominaisuudet tulivat esille myös halkeiluna aikaisessa vaiheessa kylmävetokokeessa. Tulosten perusteella APP-muovibitumikermikatteiden ominaisuudet ovat selvästi heikompia kuin SBS-kumibitumikermikatteiden.

Sellaisten kumibitumikermikatteiden, joiden kermien venymävaatimukset poikkeavat toisistaan, laboratoriokokeiden tulosten vertaaminen vaatimuksiin tai aikaisempiin tutkimuksiin on epämääräistä erityisesti venymien osalta. Tässä tutkimuksessa tällaisten

katteiden venymien vertailu tehtiin katteen kermeille erikseen. Huoneenlämmössä suoritettussa vetokokeessa venymät ylittivät niille asetetut vaatimukset yhtä poikkeusta lukuun ottamatta suuremman venymävaatimuksen omaavista kermeistä. Pienemmän venymävaatimuksen omaavan kermin katketessa jännitys keskittyy (ks. liite 7) ehjäksi jäävään kermiin, jolloin venymävaatimuksesta jäädään helposti tämän seurauksena. On kuitenkin huomioitava, että todellinen katteen vesitiiveys on saattanut jo kärsiä pienemmän venymävaatimuksen omaavan kermin katketessa. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että normaalitilanteissa katteessa ei tulisi käyttää sekaisin polyesteritukikerroksellisia ja lasikuitutukikerroksellisia kermejä.

RT-kortissa RT 18-10922 *Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitotaksot* kerrotaan tavanomaisissa rasitusolosuhteissa olevan kumibitumisen kaksikerroskatteen teknisen käyttöiän olevan 30 vuotta. Tämän ja aikaisempien tutkimusten perusteella voidaan sanoa, että oikein toteutetun ja säännöllisesti huolletun kumibitumisen kaksikerroskatteen tekninen käyttöikä ylittää RT-kortissa mainitun 30 vuotta. Jo nyt vanhimmat tutkitut kumibitumikermikatteet (2 kpl) olivat 34 vuotta. Vanhojen kumibitumikermikatteiden keski-ikä oli yli 30 vuotta. Vanhoista kumibitumikermikatteista on nyt tutkimuksesta poistunut 4 alkuperäisistä 16 katosta. Vain yhdessä poistuneista kohteista katon uusimiseen oli syynä ainoastaan katon huono kunto. Muita syitä poistumisiin olivat esimerkiksi omistajan vaihdoksen yhteydessä tehtävä peruskorjaus. Peruskorjauksen yhteydessä myös vesikaton uusiminen on hyvin perusteltua, mutta pelkästään kattoa ajatellen ajankohta voi olla huomattavasti aikaisempi kuin katon käyttöiän loppumishetki. Tästä syystä poistuneiden kohteiden keski-ikä laskeminen ei ole mielekasta. Kumibitumikermeistä tehtyjen uusien kattojen käyttöiän arvioidaan yltävän jopa 50 vuoteen saakka.

PVC-kermikatteiden (8 kpl) osalta repäisylujuuksia ei voitu verrata vaatimuksiin, koska niille ei ole vaatimuksia tällä testausmenetelmällä. Katteen kestävyys kannalta repäisylujuus on oleellisen tärkeää, koska yleensä kermi kiinnitetään alustaansa vain mekaanisesti. Kiinnikkeiden kohdille kohdistuu suuria repäisyvoimia, jotka katteen on kestävä. Tutkimuskohteiden katteiden repäisylujuuksissa oli melko suurta hajontaa. Suurin repäisylujuuden arvo saatiin uusimmalle kohteelle, jonka tukikerros on erilainen kuin vanhemmissa kohteissa. PVC-kermien vetolujuudet ylittivät vaatimuksen kahta alitusta lukuun ottamatta. PVC-katteilla havaittiin vähäistä vetolujuuden alenemista kymmenen vuoden takaiseen verrattuna, mikä viittaa siihen, että kyseinen katetyyppi haurastuu ajan kuluessa. Venymät ylittivät vaatimuksen poikkeuksetta. Sauman vetolujuutta verrattiin kermin vetolujuuteen, ja vain yksi kohde ylitti vaatimuksen. Saumat eivät kuitenkaan auenneet vedon aikana, vaan murto tapahtui aina sauman ulkopuolelta, joten voidaan sanoa sauman olevan kermiä vahvempi. Taivutettavuuskoe oli PVC-kermeille helppo: kaikki kohteet kestivät halkeilematta kylmimmässä taivutuslämpötilassa. Kylmävetokokeessa PVC-kermien lujuudet olivat heikentyneet lievästi, mutta kylmävenymissä ei havaittu muutoksia.

CPE-kermin ominaisuuksia ei voida verrata muihin kuin vaatimuksiin, koska kyseinen katetyyppi on ensimmäistä kertaa mukana tutkimuksessa. Tutkimuksen ainoan tut-

kinuskohteena olleen CPE-kermikatteen repäisylujuus oli huomattavan heikko, samoin kuin sen vertailunäytteiden. Myös CPE-kermikate kiinnitetään alustaansa vain mekaanisesti. CPE-kermikatteen vetolujuus ylitti vaatimuksen. CPE-kermikatteen venymät oli samaa suuruusluokkaa kuin PVC-kermikatteiden venymät sekä huoneenlämmössä että kylmässä suoritettussa vetokokeessa, ja ylittivät sille asetetut venymävaatimukset. CPE-kermikatteen kylmävetolujuus oli suurin, mitä muovikermikatteille mitattiin. Suomessa ei käytetä enää CPE-muovikermiä kattamiseen.

Kenttätutkimuksissa havaittiin, että kattojen huolto on valitettavan vähäistä. Huoltoa tehdään aivan liian vähän, ja lisäksi huoltotoimenpiteet eivät usein ole laadultaan riittäviä. Tavaroiden säilytys katoilla ilman katon suojausta oli yllättävän yleistä, erityisesti rakennuksen muiden osien korjausten aikana. Katteiden yleiskunto oli kuitenkin pääasiassa hyvä. Katon huollon tarpeen tietämystasoa voitaisiin nostaa antamalla käyttäjille opastusta huollon ja tarkastusten suorittamiseen. Lisäksi katon luovutuksen yhteydessä tulee antaa myös katon huolto-ohje. Näillä keinoilla voidaan lisätä katon huollon määrää ja parantaa huollon laatua. Lisäksi katolle kulkeminen tulisi järjestää mahdollisimman vaivattomaksi ja turvalliseksi. Ulkopuolisten katolle pääsy tulee kuitenkin estää ilkeävalian vähentämiseksi ja turvallisuussyistä.

Kattoa tulee huoltaa vähintään kaksi kertaa vuodessa, keväisin ja syksyisin. Mikäli katon roskaantuminen on voimakasta tai rakennus sijaitsee puiden lähellä, on huoltoa syytä tehdä vielä useammin. Keväisin katto tulee tarkastaa talven jäljiltä, ja korjata heti mahdolliset puutteet oikeilla menetelmillä sekä puhdistaa katto. Syksyisin huolto on lähinnä katon puhdistusta, jonka tarve määräytyy roskaantumisen mukaan. Syksyisin katon puhdistaminen roskista on erityisen tärkeää ennen syysmyrskyjä. Tällöin tukossa olevista kaivoista voi seurata vakavia ongelmia. Katolle ei saa jäädä lammikoita, jotka toistuvasti jäätyessään ja sulaessaan rasittavat katetta.

Kattokaivot ja niiden ympäristät ovat katon rasiuimpia kohtia. Useissa kohteissa kaivojen kohtia oli korjailtu, ja monissa kohteissa kermi olivat osittain irronneet kaivojen laipoista. Muita puutteita olivat yleisesti räystäiden pellitykset. Pellitykset olivat hyvin yleisesti liian pieniä ja kiinni katteessa. Kermi olivat poimuuntuneet niissä kohteissa, joiden katteissa tukikerroksina oli käytetty sekä polyesteri- että lasikuitutukikerroksellisia kermejä. Erityisen paljon poimuuntumista havaittiin ylösnostoissa. Muovikermikatteiden ongelmia olivat saumojen aukeamiset ja pistemäiset reiät ja repeytymät. Muovikermikatteet ovat erityisen herkkiä puhkaiseville pistemäisille rasituksille.

Yläpohjarakenteiden suunnittelussa tulisi kiinnittää huomiota rakenteen tiiviyteen ja tuuletukseen. Yleisesti ottaen tuulettuva rakenne on riskittömämpi kuin umpirakenne. Tuulettuvan rakenteen toteutuksessa tulee varmistaa se, että rakenteen tuuletusväli on jokaisessa kohdassa yhtenäinen ja riittävän suuri. Umpirakenteen puolestaan tulisi olla mahdollisimman vesihöyrytiivis. Tällaisissa rakenteissa tuulettuminen on todella hidasta, joten kosteuden pääsy yläpohjarakenteeseen on estettävä tiiviillä höyrynsululla.

Yläpohjarakenteiden höyrynsulkumateriaalin valinnassa sekä höyrynsulun alustan valinnassa tulee ottaa huomioon läpivientien tiivistyksen onnistumisen todennäköisyys. Kantavan poimulevyn päälle tulisi asentaa tasainen rakennuslevy ennen höyrynsulun

asentamista. Tällöin katteen kiinnikkeiden aiheuttama höyrynsulun reikiintyminen ei ole yhtä haitallista kuin ilman levyä. Myös saumojen limitykset ja jatkokset onnistuvat paremmin tasaisella alustalla. Rakenteen vesihöyrytiiviys varmistetaan parhaiten bitumikermeillä, jolloin saumat ja läpiviennit eivät ole teippaamisen varassa. Lisäksi työn tekee lähes aina ammattilainen, jolloin asennustyön onnistuminen on todennäköisempää. Höyrynsulkumuovin käyttäminen on riskialttiimpaa, ja sen hyötynä ovat ainoastaan rakennusvaiheen kustannussäästöt.

Suunnitteluratkaisuista katon vedenpoisto on yksi oleellisimmista tekijöistä katon pitkäaikaiskestävyyttä ajatellen. Kosteus tehostaa joidenkin rasiustekijöiden vaikutuksia ja mahdollistaa uusien rasiustekijöiden syntymisen. Jiireihin ei tulisi sijoittaa läpivientejä, koska ne hidastavat tai jopa estävät veden poistumista katolta. Katon kaltevuuden tulisi olla riittävä katon joka kohdassa, myös jiireissä. Katolle ei saisi lammikoitua vettä. Niillä katoilla, joiden kaltevuus oli vähintään 1:40, vaikutti kaltevuus olevan riittävä.

Hyvin tehdyt pellitykset ovat tärkeä osa katon toimivuutta. Pellitysten nurkka- ja liitoskohtiin on syytä kiinnittää huomiota kattoa rakennettaessa. Räystäspellitykset tulee tehdä niin, että riittävä tuuletusilman pääsy kattorakenteeseen voidaan varmistaa. Samalla seinää pitkin tuulen vaikutuksesta nousevan veden pääsy rakenteen sisään tulee estää myrskypellillä. Saneerauskohteissa ei tulisi koskaan käyttää vanhoja pellityksiä, vaan ne pitäisi aina uusia.

Tutkimuksen perusteella kermikatteet säilyttävät ominaisuutensa erittäin hyvin. Mekaaniset ominaisuudet heikkenevät eniten APP-muovibitumikermeillä, joita ei nykyisin Suomessa enää käytetä. SBS-kumibitumikermi sekä PVC-muovikermikatteet säilyttävät ominaisuutensa erinomaisesti. Kaksikerroskatteissa pintakermi suojaa aluskermiä ulkoilman rasituksilta, jolloin aluskermi säilyttää hyvin ominaisuutensa. Sisätiloista tulevat kosteusrasitukset saattavat heikentää katetta myös alapuolelta, minkä vuoksi rakenteen kosteustekninen toimivuus on tärkeä osa pitkäikäistä kattoa.

## LÄHTEET

1. EN 1109. 1999. Flexible sheets for waterproofing. Bitumen sheets for roof waterproofing. Determination of flexibility at low temperature. European committee for standardization. 8 s.
2. EN 12311-1. 2000. Flexible sheets for waterproofing – Part 1: Bitumen sheets for roof waterproofing – Determination of tensile properties. European committee for standardization. 5 s.
3. EN 12317-1. 2000. Flexible sheets for waterproofing – Part 1: Bitumen sheets for roof waterproofing – Determination of shear resistance of joints. European committee for standardization. 5 s.
4. EN 13707. 2014. Flexible sheets for waterproofing. Reinforced bitumen sheets for roof waterproofing. Definitions and characteristics. European committee for standardization. 5 s.
5. Johannessen, F.E. 1989. Yli rajojen, Protanin historia 1939 – 1989. Thorsund A S. Lillehammer, 132 s.
6. Kattoliitto ry. 2013. Toimivat katot. Helsinki, 118 s.
7. Kattoliitto ry. 2001. Katon huoltokirja. Kermikatot. Helsinki 2002, 28 s.
8. Pentti, M. 2010. Luentomonisteet kurssista Eristysrakenteet. Tampere, Tampereen teknillinen yliopisto, Rakennustekniikan laitos, Talonrakennustekniikka. Ei julkaistu.
9. Pentti, M. 2009. Luentomonisteet kurssista Rakenteiden pitkäaikaiskestävyys. Tampere, Tampereen teknillinen yliopisto, Rakennustekniikan laitos, Talonrakennustekniikka. Ei julkaistu.
10. Rantamäki, J. 1995. Modifioitujen kermikatteiden pitkäaikaiskestävyys, Kenttä- ja laboratoriotutkimukset. Espoo, Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT), 33 s.

11. Rantamäki, J. 1995. Modifioitujen kermikatteiden pitkäaikaiskestävyys, Kirjallisuusselvitys. Espoo, Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT), 36 s. + liit. 13 s.
12. Rautiainen, L. 1988. Selvitys kumibitumikatteiden kestävyydestä. 5 s. + liit. 6 s. Ei julkaistu.
13. RIL 107-2000. Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohje. Helsinki. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry. 211 s.
14. RIL 107-2012. Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohje. Helsinki. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry. 219 s.
15. RIL 183-1.1-1992. Rakennusmateriaalien ja rakenteiden käyttöikä 1, Perusteet, 1. Perusjulkaisu. Helsinki. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry. 56 s.
16. RIL 183-1.2-1992. Rakennusmateriaalien ja rakenteiden käyttöikä 1, Perusteet, 2. Rasitukset, ilmiöt ja ominaisuudet. Helsinki. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry. 62 s.
17. RIL 183-2.1...2-1994. Rakennusmateriaalien ja rakenteiden käyttöikä, 2.1 Yleistarkastelu, 2.2 Rakennus: Puinen asuinrakennus. Helsinki. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry. 76 s.
18. RIL 183-2.3-1994. Rakennusmateriaalien ja rakenteiden käyttöikä, 2.3 Rakennusosat: Katot. Helsinki. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry. 54 s.
19. RIL 183-3.1...2-1994. Rakennusmateriaalien ja rakenteiden käyttöikä, Rasitukset: 3.1 Yleistarkastelu, 3.2 Kosteus. Helsinki. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry. 101 s.
20. RIL 183-3.3...4-1995. Rakennusmateriaalien ja rakenteiden käyttöikä, Rasitukset: 3.3 Biologiset rasitukset, 3.4 Säteily. Helsinki. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry. 72 s.
21. RT 85-10799. Bitumikermikatteet, perustietoja. Rakennustieto Oy. 2003. 11 s.
22. RT 38352. Protan-vesikatteet. Rakennustieto Oy. 2013. 6 s.
23. SFS 5011. 1985. Bitumi- ja kumibitumikermi. Testausmenetelmät. Suomen standardisoimisliitto. 10 s.

24. Jokinen, J. 2005. Kermikatteiden pitkäaikaiskestävyys. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto, 106 s + liit. 23 s.
25. Kattoliitto ry. 2001. Toimivat katot. Helsinki, 55 s.
26. Blomberg, T. 1990. Bitumit. Jyväskylä, 147 s. + liit. 7 s.
27. Kuntsi, S. 1998. Katot ja vedeneristys. Helsinki, 103 s.
28. Renolit. Alkorflex F. 8s. Verkkosivu. Viitattu 6.8.2014. Saatavissa:  
<http://www.laydex.com/laydexdocs/AlkorFlex%20F%20%28Mechanically%20fastened%29.pdf>



## LIITTEET

- Liite 1 Tutkimuskohteiden katteet ja niiden kiinnitystavat (1 s.)
- Liite 2 Kohdekortit (17 s.)
- Liite 3 Laboratoriokokeiden tulokset (10 s)
- Liite 4 Bitumikermien tuoteluokkavaatimukset [6] (1 s.)
- Liite 5 Eri kateratkaisujen vetokokeiden suuntaa-antavat kuvaajat (1 s.)
- Liite 6 Venymän muodostuminen taivutuskokeessa (1 s.)
- Liite 7 Venymän keskittyminen kylmävetokokeessa (1 s.)

Nro	Katealusta	Aluskermi		Pintakermi	
		Aluskermi	Kiinnitys	Pintakermi	Kiinnitys
1	Raakaponttilauta	K-MS 150/3000	Pisteliimaus ja saumahitsaus	K-PS 150/4000	Bitumiliimaus
2	Raakaponttilauta	K-MS 170/3000	Piste- ja saumaliimaus	K-PS 170/4000	Bitumiliimaus
3	Raakaponttilauta	K-MS 150/3000	Piste- ja saumaliimaus	K-PS 150/4000	Bitumiliimaus
4	Betoni	K-MS 150/3000	Piste- ja saumaliimaus	K-PS 150/4000	Bitumiliimaus
5	Mineraalivilla	K-MS 150/3000	Kauttaaltaan liimaus	K-PS 150/4000	Bitumiliimaus
6	Polyuretaani	K-MS 170/3000	Piste- ja saumaliimaus	K-PS 170/4000	Bitumiliimaus
7	Mineraalivilla	K-MS 170/3000	Kauttaaltaan liimaus	K-PS 170/4000	Bitumiliimaus
8	Mineraalivilla	K-MS 170/3000	Kauttaaltaan liimaus	K-PS 170/4000	Bitumiliimaus
9					
10	Mineraalivilla	K-MS 170/3000	Kauttaaltaan liimaus	K-PS 170/4000	Bitumiliimaus
11					
12	Polyuretaani	K-MS 150/3000	Kauttaaltaan liimaus + mek.	K-PS 150/4000	Bitumiliimaus
13					
14					
15	TT-laatta	2 x K-MS 150/3000	Piste- ja saumaliimaus	K-PL 80/4000	Bitumiliimaus
16	Raakaponttilauta	K-EL 50/2200	Piste- ja saumaliimaus	K-PS 150/4000	Bitumiliimaus
17					
18	Betoni	APP-MS 180/4600	Piste- ja saumaliimaus	APP-PS 180/4700	Hitsaus
19	Vanha bitumikate	APP-MS 180/4600	Piste- ja saumaliimaus	APP-PS 180/4700	Hitsaus
20	Mineraalivilla	APP-MS 180/4600	Kauttaaltaan hitsaus	APP-PS 180/4700	Hitsaus
21	Mineraalivilla	alushuopa 60/1000		APP-yksikerroskate	Hitsaus
22					
23					
24					
25					
26	Mineraalivilla	K-MS 170/3000	Kauttaaltaan liimaus	K-PL 80/4000	Hitsaus
27					
28	Vanha bitumikate	Ei	Ei	monopolar R 225/5300	Raitahitsaus + mek.
29	Roofmate	K-MS 170/3000	Piste- ja saumaliimaus + mek.	K-PS 170/5500	Hitsaus
30	Raakaponttilauta	K-EL 50/2200	Piste- ja saumaliimaus	K-PS 170/5500	Hitsaus
31	Mineraalivilla	K-MS 170/3000	Kauttaaltaan liimaus	K-PS 170/5500	Hitsaus
32	Mineraalivilla	alushuopa 60/1000		K-PS 290/5000	Hitsaus
33	Mineraalivilla	K-MS 170/3000	Kauttaaltaan liimaus	K-PL 80/4000	Hitsaus
34	Mineraalivilla	K-MS 170/3000	Kauttaaltaan liimaus	K-PS 170/4000	Hitsaus
35	Raakaponttilauta	Ei	Ei	SE4 1,2	Saumahitsaus + mek.
36					
37	Suod. kangas	Ei	Ei	SE3 1,2	Saumahitsaus + mek.
38	Mineraalivilla	Ei	Ei	SE 1,2	Saumahitsaus + mek.
39					
40	Mineraalivilla	Ei	Ei	SE3 1,2	Saumahitsaus + mek.
41	Mineraalivilla	Ei	Ei	SE3 1,2	Saumahitsaus + mek.
42	Mineraalivilla	Ei	Ei	SE3 1,2	Saumahitsaus + mek.
43	Suod. kangas	Ei	Ei	SE3 1,2	Saumahitsaus + mek.
44	Mineraalivilla	K-MS 170/3000	Kauttaaltaan liimaus	K-PS 170/4000	Bitumiliimaus
45	Mineraalivilla	K-MS 170/3000	Kauttaaltaan liimaus	K-PS 170/5100	Hitsaus
46	Polyuretaani	K-MS 170/3000	Piste- ja saumaliimaus + mek.	K-PS 170/4000	Bitumiliimaus
47	Mineraalivilla	K-MS 170/4000	Kauttaaltaan hitsaus	K-PS 170/5000	Hitsaus
48	Mineraalivilla	Ei	Ei	Alkorflex CPE 1,2	Saumahitsaus + mek.
49	Mineraalivilla	Ei	Ei	SE3 1,2	Saumahitsaus + mek.

Vertailunäyte, kumibitumikermikate

Ei	K-MS 170/3000	Ei	K-PS 170/5000	Hitsaus
----	---------------	----	---------------	---------

Vertailunäyte, PVC-kermikate

Ei	Ei	Ei	SE 1,2	Saumahitsaus
----	----	----	--------	--------------

Vertailunäyte, CPE-kermikate

Ei	Ei	Ei	Alkorflex CPE 1,2	Saumahitsaus
----	----	----	-------------------	--------------

**Kermien merkintöjen selitykset**

- K Eristysmateriaalina kumibitumi  
 APP Eristysmateriaalina muovibitumi  
 M Eristyskermi  
 P Pintakermi  
 S Tukikerroksena polyesterihuopa  
 L Tukikerroksena lasikuituhuopa  
 R Raitahitsattava tuote

**Luvut bitumikermien kirjaimien perässä (esim. 170/5500)**

1. luku = Tukikerroksen neliöpaino (g/m<sup>2</sup>)  
 2. luku = Koko kermin neliöpaino (g/m<sup>2</sup>)

**PVC- ja CPE-kermien merkintöjen selitykset**

SE (Self Extinguishing) eli itsestään sammuva (PVC-kermeillä)  
 Mahdollinen ensimmäinen luku ilmaisee tukikerroksen lankojen määrän neliösenttimetrillä (PVC-kermeillä) (uusimmissa kermeissä lukua ei enää käytetä).  
 PVC-kermien ja CPE-kermien toinen luku ilmaisee kermin paksuuden (mm)

<b>Kohteen nimi</b>	Sodankylän varuskunta, varasto 5	<b>Nro</b>	<b>1</b>
<b>Paikkakunta</b>	Sodankylä		
<b>Katemateriaali</b>	Kumibitumikermi	<b>Katekerrokset</b>	Kaksikerroskate
<b>Kattamisvuosi</b>	1980	<b>Katealusta</b>	Raakaponttilauta
<b>Katon koko</b>	2500 m <sup>2</sup>	<b>Tuuletus</b>	Tuuletettu rakenne
<b>Kaltevuus</b>	1:30	<b>Lämmöneriste</b>	Kylmä rakenne (puolet lämmintä)
<b>Vedenpoisto</b>	Sisäpuolinen	<b>Höyrynsulku</b>	Ei luultavasti
<b>Haastattelu</b>	Katteessa on ollut vähäisiä vuotoja. Vuotokohtia on paikkailtu paljon. Katon huolto on säännöllistä, 1 kerta vuodessa. Katolta on poistettu lunta joinakin talvina.		
<b>Havainnot</b>	Kate on heikossa kunnossa. Räystäiden ylösnostoissa oli paljon katteen saumoja auennut, ja niitä oli paikkailtu paljon. Jiirit ovat liian loivat. Läpivientien tiivistykset ovat puutteellisia. Räystäspellit ovat kiinni katteen pinnassa. Kaivojen ympärillä on paljon roskia, ja ne osin estävät veden pääsyn kaivoon.		

<b>Kohteen nimi</b>	Sodankylän varuskunta, vaatetuskorjaamo	<b>Nro</b>	<b>2</b>
<b>Paikkakunta</b>	Sodankylä		
<b>Katemateriaali</b>	Kumibitumikermi	<b>Katekerrokset</b>	Kaksikerroskate
<b>Kattamisvuosi</b>	1986	<b>Katealusta</b>	Raakaponttilauta
<b>Katon koko</b>	5500 m <sup>2</sup>	<b>Tuuletus</b>	Tuuletettu rakenne
<b>Kaltevuus</b>	1:35	<b>Lämmöneriste</b>	? (luultavasti n. 350 mm villa)
<b>Vedenpoisto</b>	Sisäpuolinen	<b>Höyrynsulku</b>	Ei luultavasti
<b>Haastattelu</b>	Katteessa on ollut vähäisiä vuotoja kaivojen tukkeutuessa. Vuotokohtia on paikkailtu massalla. Katon huolto on säännöllistä, noin viikon välein. Katolle tulee paljon nukkaa rakennuksen käytön vuoksi. Käyttötarkoitus tulee muuttumaan keskusvarastoksi lähivuosina.		
<b>Havainnot</b>	Kate on kohtalaisessa kunnossa. Räystään ylösnostoissa havaittiin joitakin auenneita saumoja. Katolla oli sinne kuulumattomia harjateräksiä. Lammikoitumista havaittiin vain vähäisissä määrin konehuoneiden ympärillä.		

<b>Kohteen nimi</b>	Sodankylän varuskunta, kasarmi 6	<b>Nro</b>	<b>3</b>
<b>Paikkakunta</b>	Sodankylä		
<b>Katemateriaali</b>	Kumibitumikermi	<b>Katekerrokset</b>	Kaksikerroskate
<b>Kattamisvuosi</b>	1982	<b>Katealusta</b>	Raakaponttilauta
<b>Katon koko</b>	2900 m <sup>2</sup>	<b>Tuuletus</b>	Tuuletettu rakenne
<b>Kaltevuus</b>	1:60	<b>Lämmöneriste</b>	? (luultavasti n. 350 mm villa)
<b>Vedenpoisto</b>	Sisäpuolinen	<b>Höyrynsulku</b>	Ei luultavasti
<b>Haastattelu</b>	Katteessa on ollut vuotoja kaivojen ja viemärin tuuletusputkien kohdilla. Kattoa on avattu kaivon ja tuuletusputken kohdalta. Vesi lammikoituu jonkin verran katteen päälle. Katon huolto on säännöllistä, käynti noin 2 viikon välein. Kattoikkunat on korotettu 5 vuotta sitten. Liikuntasauvojen kohdille on lisätty kermi.		
<b>Havainnot</b>	Kate on hyvässä kunnossa. Katolla on paljon tavaraa IV-remontista johtuen. Räystäspellit ovat kiinni katteen pinnassa. Vettä lammikoituu jonkin verran katteen päälle järeihin. Antennin jalustan teräsosat muodostavat vuotoriskin. Ylösnostoissa havaittiin joitakin saumojen aukeamisia. Yksi kaivo oli pahoin roskien peitossa. Liikuntasauvan kohdalla kermissä oli halkeamia.		

<b>Kohteen nimi</b>	Rovaniemen varuskunta, sotilaskoti	<b>Nro</b>	<b>4</b>
<b>Paikkakunta</b>	Rovaniemen mlk.		
<b>Katemateriaali</b>	Kumibitumikermi	<b>Katekerrokset</b>	Kaksikerroskate
<b>Kattamisvuosi</b>	1981	<b>Katealusta</b>	Betoni
<b>Katon koko</b>	3000 m <sup>2</sup>	<b>Tuuletus</b>	Tuulettuva umpirakenne (kevytsora)
<b>Kaltevuus</b>	1:40	<b>Lämmöneriste</b>	Kevytsora
<b>Vedenpoisto</b>	Sisäpuolinen	<b>Höyrynsulku</b>	Ei luultavasti
<b>Haastattelu</b>	Huolto on säännöllistä, 2 kertaa vuodessa. Katteen päälle lammikoituu vettä jonkin verran.		
<b>Havainnot</b>	Kate on kohtalaisessa kunnossa. Katteen päälle lammikoituu paljon vettä kattoikkunoiden väleihin ja jiireihin. Jiirien kallistukset ovat loivat. Paikkauksia ja tiivistyksiä on tehty paljon elastisella massalla. Räystäspellit ovat kiinni katteen pinnassa. Avonainen antenniputken pää aiheuttaa vuotoriskin. Läpivientejä tukittu muovipulloilla. Katteesta on irronnut jonkin verran sirotetta.		

<b>Kohteen nimi</b>	John Deere (ent. Postin autovarikko)	<b>Nro</b>	<b>5</b>
<b>Paikkakunta</b>	Rovaniemi		
<b>Katemateriaali</b>	Kumibitumikermi	<b>Katekerrokset</b>	Kaksikerroskate
<b>Kattamisvuosi</b>	1980 (vain salmiakit)	<b>Katealusta</b>	Mineraalivilla + kevytsora (salmiakit)
<b>Katon koko</b>	10 000 m <sup>2</sup> (tutkittiin vain pääkatto)	<b>Tuuletus</b>	Umpirakenne
<b>Kaltevuus</b>	1:40	<b>Lämmöneriste</b>	Mineraalivilla
<b>Vedenpoisto</b>	Sisäpuolinen	<b>Höyrynsulku</b>	Ei
<b>Haastattelu</b>	Katteessa ei ole ollut vuotoja. Katon huolto on säännöllistä, 1 kerta vuodessa syksyllä. Lunta ei poisteta.		
<b>Havainnot</b>	Kate on kohtalaisessa kunnossa. Katolla oli sinne kuulumattomia teräsosia, jotka voivat puhkaista katteen. Sirotetta oli irronnut paljon. Kaivot olivat roskaisia. Jiirit ovat liian loivat. Ylösnostoissa havaittiin bitumin valumista ja ryppyjä sekä saumojen avautumisia.		

<b>Kohteen nimi</b>	ABB	<b>Nro</b>	<b>6</b>
<b>Paikkakunta</b>	Vantaa		
<b>Katemateriaali</b>	Kumibitumikermi	<b>Katekerrokset</b>	Kaksikerroskate
<b>Kattamisvuosi</b>	1987	<b>Katealusta</b>	Polyuretaani
<b>Katon koko</b>	360 m <sup>2</sup>	<b>Tuuletus</b>	Umpirakenne
<b>Kaltevuus</b>	1:40 ja loivempi	<b>Lämmöneriste</b>	Polyuretaani 100 mm
<b>Vedenpoisto</b>	Sisäpuolinen	<b>Höyrynsulku</b>	Euratex AL
<b>Haastattelu</b>	Katteessa ei ole ollut vuotoja. Yksi kattokaivo on uusittu. Katon huolto on säännöllistä, noin 1 kerta/viikko. Katolla esiintyy vähäistä lammikoitumista.		
<b>Havainnot</b>	Kate on kohtalaisessa kunnossa. Katteessa havaittiin halkeamia. Katteen päälle lammikoituu vettä vain vähän räystäään läheisyydessä. Katolla oli hieman roskia ja sinne kuulumattomia tavaroita.		

<b>Kohteen nimi</b>	VR tavaraterminaali	<b>Nro</b>	<b>7</b>
<b>Paikkakunta</b>	Helsinki		
<b>Katemateriaali</b>	Kumibitumikermi	<b>Katekerrokset</b>	Kaksikerroskate
<b>Kattamisvuosi</b>	1988	<b>Katealusta</b>	Mineraalivilla
<b>Katon koko</b>	1100 m <sup>2</sup>	<b>Tuuletus</b>	Tuulettuva umpirakenne (uritettu villa)
<b>Kaltevuus</b>	1:16	<b>Lämmöneriste</b>	Mineraalivilla 80 mm
<b>Vedenpoisto</b>	Sisäpuolinen	<b>Höyrynsulku</b>	Muovi
<b>Haastattelu</b>	Katossa on ollut vuotoja kaivojen kohdilla. Osa kaivoista on uusittu. Katon huolto ei ole säännöllistä. Kattoikkunoita on korjattu.		
<b>Havainnot</b>	Kate on hyvässä kunnossa. Vesi lammikoitui katolla vain vähäisissä määrin kattoikkunoiden läheisyydessä. Katolla oli ruuveja ja nauloja. Osa pellityksistä oli puutteellisia. Konehuoneen katolla oli paljon sammalta ja jäkälää. Katteen pinta oli paikoin pahasti halkeillut.		

<b>Kohteen nimi</b>	HPY-varikko	<b>Nro</b>	<b>8</b>
<b>Paikkakunta</b>	Helsinki		
<b>Katemateriaali</b>	Kumibitumikermi	<b>Katekerrokset</b>	Kaksikerroskate
<b>Kattamisvuosi</b>	1986	<b>Katealusta</b>	Mineraalivilla
<b>Katon koko</b>	630 m <sup>2</sup>	<b>Tuuletus</b>	Umpirakenne
<b>Kaltevuus</b>	1:16	<b>Lämmöneriste</b>	Mineraalivilla 140 mm
<b>Vedenpoisto</b>	Sisäpuolinen	<b>Höyrynsulku</b>	Bitumikermi EL
<b>Haastattelu</b>	Katolla tehdään huoltotoimenpiteitä kuukausittain. Katossa ei esiinny vuotoja.		
<b>Havainnot</b>	Kate on hyvässä kunnossa. Katosta noin puolet oli veden vallassa, syvyys noin 50 cm pahimmillaan, pihan puolella. Kattokaivot ovat tukkiutuneet. Muissakin kaivoissa jonkin verran roskaa. Vettä lammikoituu katteen päälle vähän jireissä. Huolto puutteellista. Kate hyvässä kunnossa.		

<b>Kohteen nimi</b>	Kohde poistunut ennen v. 2004 tutkimusta	<b>Nro</b>	<b>9</b>
<b>Paikkakunta</b>	Helsinki		
<b>Katemateriaali</b>		<b>Katekerrokset</b>	
<b>Kattamisvuosi</b>		<b>Katealusta</b>	
<b>Katon koko</b>		<b>Tuuletus</b>	
<b>Kaltevuus</b>		<b>Lämmöneriste</b>	
<b>Vedenpoisto</b>		<b>Höyrynsulku</b>	
<b>Haastattelu</b>	v. 2004: Kohde on purettu ja tilalle on rakennettu rakennus toiseen käyttötarkoitukseen. Katossa tai muissakaan rakenteissa ei ollut vikoja.		
<b>Havainnot</b>			

<b>Kohteen nimi</b>	Vanha Valio (ent. Valion pakkasvarasto)	<b>Nro</b>	<b>10</b>
<b>Paikkakunta</b>	Kouvola		
<b>Katemateriaali</b>	Kumibitumikermi	<b>Katekerrokset</b>	Kaksikerroskate
<b>Kattamisvuosi</b>	1981	<b>Katealusta</b>	Mineraalivilla 20 mm + vanha kate
<b>Katon koko</b>	400 m <sup>2</sup>	<b>Tuuletus</b>	Umpirakenne
<b>Kaltevuus</b>	1:100	<b>Lämmöneriste</b>	Mineraalivilla 20 mm + vanha eriste
<b>Vedenpoisto</b>	Sisäpuolinen	<b>Höyrynsulku</b>	Ei tietoa
<b>Haastattelu</b>	Katossa on paljon vuotoja räystääsalueilla. Vesi lammikoituu vähäisissä määrin katteen päälle. Syöksytorvia on korjailtu. Katon huolto ei ole säännöllistä, noin 2 kertaa/vuosi.		
<b>Havainnot</b>	Kate on kohtalaisessa kunnossa. Kermien päätysaumat olivat vetäytyneet paljon. Katolla oli paljon roskia ja kaivo tukossa. Lisäksi 4 syöksytorvea oli tukossa. Räystääpellityksissä on puutteita. Katon kaltevuus on erittäin loiva. Sirotetta irronnut paljon ja jälkiä veden lammikoitumisesta erittäin paljon. Katolla sammalta ja muuta kasvustoa. Huolto puutteellista.		

<b>Kohteen nimi</b>	Rinnekeittiö-säätiö, RK-asunnot. Kohde poistunut, Vesikatto uusittu	<b>Nro</b>	<b>11</b>
<b>Paikkakunta</b>	Helsinki		
<b>Katemateriaali</b>		<b>Katekerrokset</b>	
<b>Kattamisvuosi</b>		<b>Katealusta</b>	
<b>Katon koko</b>		<b>Tuuletus</b>	
<b>Kaltevuus</b>		<b>Lämmöneriste</b>	
<b>Vedenpoisto</b>		<b>Höyrynsulku</b>	
<b>Haastattelu</b>	Vesikatto on uusittu omistajan vaihtuessa peruskorjauksen yhteydessä vuonna 2012. Kattovuodoista ei ole tietoa.		
<b>Havainnot</b>			

<b>Kohteen nimi</b>	Stora Enso Oyj, Veitsiluodon tehtaat, Kuivauskonehalli	<b>Nro</b>	<b>12</b>
<b>Paikkakunta</b>	Oulu		
<b>Katemateriaali</b>	Kumibitumikermi	<b>Katekerrokset</b>	Kaksikerroskate
<b>Kattamisvuosi</b>	1983	<b>Katealusta</b>	Polyuretaani
<b>Katon koko</b>	400 m <sup>2</sup>	<b>Tuuletus</b>	Umpirakenne
<b>Kaltevuus</b>	1:16	<b>Lämmöneriste</b>	Polyuretaani 100 mm
<b>Vedenpoisto</b>	Sisäpuolinen	<b>Höyrynsulku</b>	Euratex AL
<b>Haastattelu</b>			
<b>Havainnot</b>	Kate on heikossa kunnossa. Katteessa oli useita reikiä ja paljon betonikappaleita aikaisempien remonttien johdosta. Kaivot olivat tukossa. Katolla oli jonkin verran levä- ja sammalkasvustoa sekä heinää. Seinällenostoissa kermiä olivat rypyssä ja irti alustasta. Lisäksi niissä oli avonaisia saumoja. Huolto puutteellista.		

<b>Kohteen nimi</b>	Kohde poistunut ennen v. 2004 tutkimusta	<b>Nro</b>	<b>13</b>
<b>Paikkakunta</b>	Oulu		
<b>Katemateriaali</b>		<b>Katekerrokset</b>	
<b>Kattamisvuosi</b>		<b>Katealusta</b>	
<b>Katon koko</b>		<b>Tuuletus</b>	
<b>Kaltevuus</b>		<b>Lämmöneriste</b>	
<b>Vedenpoisto</b>		<b>Höyrynsulku</b>	
<b>Haastattelu</b>			
<b>Havainnot</b>	v. 2004: Kohdetta ei paikallistettu. Alueelle rakennettu paljon uutta ja purettu vanhaa.		

<b>Kohteen nimi</b>	Kohde poistunut ennen v. 2004 tutkimusta	<b>Nro</b>	<b>14</b>
<b>Paikkakunta</b>	Espoo		
<b>Katemateriaali</b>		<b>Katekerrokset</b>	
<b>Kattamisvuosi</b>		<b>Katealusta</b>	
<b>Katon koko</b>		<b>Tuuletus</b>	
<b>Kaltevuus</b>		<b>Lämmöneriste</b>	
<b>Vedenpoisto</b>		<b>Höyrynsulku</b>	
<b>Haastattelu</b>	v. 2004: Kate on uusittu vuonna 2004. Syynä uusimiseen oli katon huono yleiskunto.		
<b>Havainnot</b>			

<b>Kohteen nimi</b>	Kespron varasto, Laiturin katto	<b>Nro</b>	<b>15</b>
<b>Paikkakunta</b>	Oulu		
<b>Katemateriaali</b>	Kumibitumikermi	<b>Katekerrokset</b>	Kolmikerroskate
<b>Kattamisvuosi</b>	1982	<b>Katealusta</b>	Betoni
<b>Katon koko</b>	1000 m <sup>2</sup>	<b>Tuuletus</b>	Kylmä rakenne
<b>Kaltevuus</b>	1:100	<b>Lämmöneriste</b>	Ei
<b>Vedenpoisto</b>	Ulkopuolinen	<b>Höyrynsulku</b>	Ei
<b>Haastattelu</b>			
<b>Havainnot</b>	Kate on heikossa kunnossa. Katolla oli paljon sammalta ja jäkälää. Pintakermi oli repeytynyt useasta kohdasta kantavan rakenteen saumojen kohdilla. Kallistukset ovat puutteelliset. Elastiset massaukset puutteellisia. Päädyn räystääspellit virheellisiä.		

<b>Kohteen nimi</b>	Wetterin autoliike (ent. Keskon varasto)	<b>Nro</b>	<b>16</b>
<b>Paikkakunta</b>	Oulu		
<b>Katemateriaali</b>	Kumibitumikermi	<b>Katekerrokset</b>	Kaksikerroskate
<b>Kattamisvuosi</b>	1985	<b>Katealusta</b>	Raakaponttilauta
<b>Katon koko</b>	2000 m <sup>2</sup>	<b>Tuuletus</b>	Kylmä rakenne
<b>Kaltevuus</b>	1:16	<b>Lämmöneriste</b>	Ei
<b>Vedenpoisto</b>	Sisäpuolinen	<b>Höyrinsulku</b>	Ei
<b>Haastattelu</b>	Katteessa ei ole ollut vuotoja. Vesi ei lammikoidu katteen päälle. Katon huolto on säännöllistä, 2 kertaa vuodessa. Lumen poistoa tehdään yleensä.		
<b>Havainnot</b>	Kate on hyväkuntoinen. Ylösnostokermejä oli rypyssä, ja niiden saumoja auki. Sirotetta oli irronnut jonkin verran. Katteessa havaittiin yksittäisiä höyrypusseja. Räystäissä havaittiin vähäistä bitumin valumaa. Katteen läpi ruuvaamalla on kiinnitetty kiinnitysteräksiä.		

<b>Kohteen nimi</b>	Lastenkoti Auerkulma. Kohde poistunut, Vesikatto uusittu	<b>Nro</b>	<b>17</b>
<b>Paikkakunta</b>	Järvenpää		
<b>Katemateriaali</b>		<b>Katekerrokset</b>	
<b>Kattamisvuosi</b>		<b>Katealusta</b>	
<b>Katon koko</b>		<b>Tuuletus</b>	
<b>Kaltevuus</b>		<b>Lämmöneriste</b>	
<b>Vedenpoisto</b>		<b>Höyrinsulku</b>	
<b>Haastattelu</b>	Vesikatto on uusittu kattovuotojen takia. Vuotoja on ollut paljon. Kattomuotoa on muutettu harjakatoksi ja rakennettu IV-konehuone katolle.		
<b>Havainnot</b>			

<b>Kohteen nimi</b>	Altia Oyj, Rajamäen tehtaat, Tekniset etanolit, lastauslaiturin lippa	<b>Nro</b>	<b>18</b>
<b>Paikkakunta</b>	Nurmijärvi		
<b>Katemateriaali</b>	Muovibitumikermi	<b>Katekerrokset</b>	Kaksikerroskate
<b>Kattamisvuosi</b>	1985	<b>Katealusta</b>	Betoni
<b>Katon koko</b>	400 m <sup>2</sup>	<b>Tuuletus</b>	Kylmä rakenne
<b>Kaltevuus</b>	1:30	<b>Lämmöneriste</b>	Ei
<b>Vedenpoisto</b>	Ulkopuolinen	<b>Höyrinsulku</b>	Ei
<b>Haastattelu</b>	Katteessa on ollut vähäisiä vuotoja. Katon huolto on säännöllistä, käynti 2 kertaa vuodessa. Katolle on asennettu uusia läpivientejä.		
<b>Havainnot</b>	Kate on kohtalaisessa kunnossa. Katteen alla ja katekerrosten välissä paljon kosteutta. Räystäällä kasvaa paljon kasveja. Katolla muutenkin paljon sammalta. Uusien läpivientien väliä miltei mahdotonta puhdistaa. Vanhojen teräksien katkaisukohdista voi vuotaa. Huolto puutteellista.		



<b>Kohteen nimi</b>	Altia Oyj, Rajamäen tehtaas, eteläportin rakennus		<b>Nro</b>	<b>19</b>
<b>Paikkakunta</b>	Nurmijärvi			
<b>Katemateriaali</b>	Muovibitumikermi	<b>Katekerrokset</b>	Kaksikerroskate	
<b>Kattamisvuosi</b>	1985	<b>Katealusta</b>	Betoni	
<b>Katon koko</b>	100 m <sup>2</sup>	<b>Tuuletus</b>	Tuuletettu rakenne	
<b>Kaltevuus</b>	1:100	<b>Lämmöneriste</b>	Ei tietoa	
<b>Vedenpoisto</b>	Sisäpuolinen	<b>Höyrynsulku</b>	Ei luultavasti	
<b>Haastattelu</b>				
<b>Havainnot</b>	Kate kohtalaisessa kunnossa. Katteen alla ja katekerrosten välissä oli paljon kosteutta. Lammikoitumista havaittiin vähän läpiviennin läheisyydessä. Räystään pellityksissä paikoin puutteita. Vanha käyttämätön kannake muodostaa vuotoriskin. Kaivon ympärillä vähän roskia.			

<b>Kohteen nimi</b>	Rajamäen urheilutalo		<b>Nro</b>	<b>20</b>
<b>Paikkakunta</b>	Nurmijärvi			
<b>Katemateriaali</b>	Muovibitumikermi	<b>Katekerrokset</b>	Kaksikerroskate	
<b>Kattamisvuosi</b>	1985	<b>Katealusta</b>	Mineraalivilla + vanha kate	
<b>Katon koko</b>	100 m <sup>2</sup>	<b>Tuuletus</b>	Umpirakenne	
<b>Kaltevuus</b>	1:15	<b>Lämmöneriste</b>	Ei tietoa	
<b>Vedenpoisto</b>	Sisäpuolinen	<b>Höyrynsulku</b>	Ei luultavasti	
<b>Haastattelu</b>	Tasakatoista ¾ uusittu. Kaarikattoa ei ole uusittu.			
<b>Havainnot</b>	Tasakatoista kaikki uusittu. Näytteet otettiin kaarikatosta. Kate kohtalaisessa kunnossa. Alipainetuulettimista puuttui hatut. Läpivientien pellityksistä puuttui hatut. Räystäspellitykset paikoin puutteelliset. Lähes kaikki kaivot olivat erittäin roskaisia. Kaivoista puuttui roskasihdit. Katolla kasvoi paljon sammalta. Huolto puutteellista.			

<b>Kohteen nimi</b>	Lemminkäinen oy, KINIS-halli		<b>Nro</b>	<b>21</b>
<b>Paikkakunta</b>	Tuusula			
<b>Katemateriaali</b>	Muovibitumikermi	<b>Katekerrokset</b>	Yksikerroskate (+ reikäkermi)	
<b>Kattamisvuosi</b>	1989	<b>Katealusta</b>	Mineraalivilla	
<b>Katon koko</b>	300 m <sup>2</sup> (osa katosta)	<b>Tuuletus</b>	Umpirakenne	
<b>Kaltevuus</b>	1:20	<b>Lämmöneriste</b>	Mineraalivilla 50 mm	
<b>Vedenpoisto</b>	Ulkopuolinen	<b>Höyrynsulku</b>	Ei	
<b>Haastattelu</b>	v. 2013 myrsky vei noin ½ katosta. Tämä osa uusittu. Vuonna 2004 tutkittu osa säilyi. Katteessa ei ole ollut vuotoja. Kattoa ei huolleta säännöllisesti. Räystäälle muodostuu jääpuikkoja etupihan puolelle.			
<b>Havainnot</b>	Kate on silmämääräisesti hyvässä kunnossa. Räystäällä lievää lammikoitumista. Räystäskourut olivat puhtaat. Joissakin läpivienneissä olisi korjattavaa. Alipainetuulettimesta puuttui hattu.			

<b>Kohteen nimi</b>	Kerabit, bitumijalostetehdas	<b>Nro</b>	<b>22</b>
<b>Paikkakunta</b>	Lohja		
<b>Katemateriaali</b>	Muovibitumikermi	<b>Katekerrokset</b>	Yksikerroskate (+ vanhat kermit)
<b>Kattamisvuosi</b>	1988	<b>Katealusta</b>	Mineraalivilla
<b>Katon koko</b>	100 m <sup>2</sup> (osa katosta)	<b>Tuuletus</b>	Umpirakenne
<b>Kaltevuus</b>	1:40	<b>Lämmöneriste</b>	Mineraalivilla 30 mm + PUR 80 mm
<b>Vedenpoisto</b>	Sisäpuolinen	<b>Höyrynsulku</b>	Alumiinipaperi
<b>Haastattelu</b>	Palokatkojen kohtia on korjailtu. Vesi lammikoituu paikoin katteen päälle. Huolto noin 1 kertaa vuodessa.		
<b>Havainnot</b>	Kate on heikossa kunnossa. Katossa useita eri tuotteilla tehtyjä alueita. Katteessa oli hieman poimuja. Katolle lammikoitui vettä useisiin kohtiin. Katolla kasvoi jonkin verran sammalta ja jäkälää. Jiireissä oli paljon irronnutta sirotetta. Katteessa on eri määrä kermejä kuin aikaisemmin, kohde jätetään pois tutkimuksesta.		
<b>Kohteen nimi</b>	Kohde poistunut ennen v. 2004 tutkimusta	<b>Nro</b>	<b>23</b>
<b>Paikkakunta</b>	Oulu		
<b>Katemateriaali</b>		<b>Katekerrokset</b>	
<b>Kattamisvuosi</b>		<b>Katealusta</b>	
<b>Katon koko</b>		<b>Tuuletus</b>	
<b>Kaltevuus</b>		<b>Lämmöneriste</b>	
<b>Vedenpoisto</b>		<b>Höyrynsulku</b>	
<b>Haastattelu</b>	v. 2004: Kate on uusittu. Tarkkaa syytä uusimiseen ei ole.		
<b>Havainnot</b>			
<b>Kohteen nimi</b>	Hanlog oy / Walpella koneistuspaaja	<b>Nro</b>	<b>24</b>
<b>Paikkakunta</b>	Valkeakoski		
<b>Katemateriaali</b>	Muovibitumikermi	<b>Katekerrokset</b>	Yksikerroskate
<b>Kattamisvuosi</b>	1989	<b>Katealusta</b>	Vanha kate + betoni
<b>Katon koko</b>	1000 m <sup>2</sup>	<b>Tuuletus</b>	Umpirakenne
<b>Kaltevuus</b>	1:60	<b>Lämmöneriste</b>	Ei tietoa
<b>Vedenpoisto</b>	Sisäpuolinen	<b>Höyrynsulku</b>	Ei luultavasti
<b>Haastattelu</b>	Huolto keväisin ja syksyisin.		
<b>Havainnot</b>	Katteen päälle oli asennettu uusi kermi. Kohde jätetään pois tutkimuksesta.		

<b>Kohteen nimi</b>	Rajaville Oy, konttorirakennus. Kohde poistunut.	<b>Nro</b>	<b>25</b>
<b>Paikkakunta</b>	Oulu		
<b>Katemateriaali</b>		<b>Katekerrokset</b>	
<b>Kattamisvuosi</b>		<b>Katealusta</b>	
<b>Katon koko</b>		<b>Tuuletus</b>	
<b>Kaltevuus</b>		<b>Lämmöneriste</b>	
<b>Vedenpoisto</b>		<b>Höyrynsulku</b>	
<b>Haastattelu</b>	Rakennus on purettu. Kortteli on rakennettu muuhun käyttöön. Kattovuodoista ei ole tietoa.		
<b>Havainnot</b>			

<b>Kohteen nimi</b>	Onninen Oy	<b>Nro</b>	<b>26</b>
<b>Paikkakunta</b>	Lohja		
<b>Katemateriaali</b>	Kumibitumikermi	<b>Katekerrokset</b>	Kaksikerroskate
<b>Kattamisvuosi</b>	1991	<b>Katealusta</b>	Mineraalivilla
<b>Katon koko</b>	1000 m <sup>2</sup>	<b>Tuuletus</b>	Umpirakenne
<b>Kaltevuus</b>	1:20	<b>Lämmöneriste</b>	Mineraalivilla 160 mm
<b>Vedenpoisto</b>	Sisäpuolinen	<b>Höyrynsulku</b>	Bitumikermi EL - AL
<b>Haastattelu</b>	Katossa on ollut vähäisiä vuotoja. Huolto kuukausittain.		
<b>Havainnot</b>	Kate on hyvässä kunnossa. Katolla jonkin verran roskia. Pellityksien seinäliitoksissa puutteita. Katteessa jonkin verran poimuja. Ylösnostoissa kermin pinta valunut. Vesi lammikoituu katolle paikoin.		

<b>Kohteen nimi</b>	Toimintakeskus kettunen (ent. Adulta). Kohde poistunut.	<b>Nro</b>	<b>27</b>
<b>Paikkakunta</b>	Tuusula		
<b>Katemateriaali</b>		<b>Katekerrokset</b>	
<b>Kattamisvuosi</b>		<b>Katealusta</b>	
<b>Katon koko</b>		<b>Tuuletus</b>	
<b>Kaltevuus</b>		<b>Lämmöneriste</b>	
<b>Vedenpoisto</b>		<b>Höyrynsulku</b>	
<b>Haastattelu</b>	Vesikate on uusittu. Kattovuodoista ei ole tietoa.		
<b>Havainnot</b>			

<b>Kohteen nimi</b>	Anttilan koetila, rivitalo	<b>Nro</b>	<b>28</b>
<b>Paikkakunta</b>	Tuusula		
<b>Katemateriaali</b>	Kumibitumikermi	<b>Katekerrokset</b>	Yksikerroskate
<b>Kattamisvuosi</b>	1996	<b>Katealusta</b>	Vanha kate + raakaponttilauta
<b>Katon koko</b>	350 m <sup>2</sup>	<b>Tuuletus</b>	Tuuletettu rakenne (vanha kate)
<b>Kaltevuus</b>	1:10	<b>Lämmöneriste</b>	Ei tietoa
<b>Vedenpoisto</b>	Ulkopuolinen	<b>Höyrynsulku</b>	Ei luultavasti
<b>Haastattelu</b>			
<b>Havainnot</b>	Kate on heikossa kunnossa. Katolla oli todella paljon roskia, sammalta ja jäkälää. Räystäskourut olivat tukossa. Katteessa oli jonkin verran poimuja. Läpiviennin pelti vaurioitunut. Antenniläpivienti muodostaa vuotoriskin.		

<b>Kohteen nimi</b>	UPM kymmene, tervasaari, paperikonehalli 8	<b>Nro</b>	<b>29</b>
<b>Paikkakunta</b>	Valkeakoski		
<b>Katemateriaali</b>	Kumibitumikermi	<b>Katekerrokset</b>	Kaksikerroskate
<b>Kattamisvuosi</b>	1996	<b>Katealusta</b>	XPS (Roofmate, osin mineraalivilla)
<b>Katon koko</b>	16 000 m <sup>2</sup>	<b>Tuuletus</b>	Tuulettuva umpirakenne (sovellettu)
<b>Kaltevuus</b>	1:20	<b>Lämmöneriste</b>	XPS 80 mm (Roofmate)
<b>Vedenpoisto</b>	Sisäpuolinen	<b>Höyrynsulku</b>	K-EL 50/2200
<b>Haastattelu</b>	Katteessa on höyrypusseja ja poimuuntumista. Katteessa on yksittäisiä vuotoja. Saumoja on auki. Huolto keväisin ja syksyisin. Katolle on tehty uusia aukotuksia. Höyrypussit ovat pahin ongelma. Katto tullaan uusimaan kokonaan lähivuosina.		
<b>Havainnot</b>	Kate on kohtalaisessa kunnossa. Katteessa oli paljon höyrypusseja ja poimuja. Yhden läpiviennin läheisyydessä katteen pinta oli syöpynt pois tukikerrokseen saakka. Kate on yleisesti halkeillut. Katolla oli jonkin verran roskia. Höyrypussista mitattiin 70 asteen lämpötila.		

<b>Kohteen nimi</b>	UPM kymmene, tervasaari, tuotevarasto	<b>Nro</b>	<b>30</b>
<b>Paikkakunta</b>	Valkeakoski		
<b>Katemateriaali</b>	Kumibitumikermi	<b>Katekerrokset</b>	Kaksikerroskate
<b>Kattamisvuosi</b>	1996	<b>Katealusta</b>	Raakaponttilauta
<b>Katon koko</b>	9 000 m <sup>2</sup>	<b>Tuuletus</b>	Kylmä rakenne
<b>Kaltevuus</b>	1:20	<b>Lämmöneriste</b>	Ei
<b>Vedenpoisto</b>	Ulkopuolinen	<b>Höyrynsulku</b>	Ei
<b>Haastattelu</b>	Katteessa on yksittäisiä höyrypusseja. Huolto keväisin ja syksyisin.		
<b>Havainnot</b>	Kate hyväkuntoinen. Katteessa havaittiin joitakin höyrypusseja. Ylemmän osan kermit olivat valuneet jonkin verran. Saumat olivat paikoin hiukan vetäytyneet.		

<b>Kohteen nimi</b>	Autotalo Laakkonen	<b>Nro</b>	<b>31</b>
<b>Paikkakunta</b>	Tampere		
<b>Katemateriaali</b>	Kumibitumikermi	<b>Katekerrokset</b>	Kaksikerroskate
<b>Kattamisvuosi</b>	1997	<b>Katealusta</b>	Mineraalivilla
<b>Katon koko</b>	8 500 m <sup>2</sup>	<b>Tuuletus</b>	Tuulettuva umpirakenne (uritettu villa)
<b>Kaltevuus</b>	1:40	<b>Lämmöneriste</b>	Mineraalivilla 160 mm
<b>Vedenpoisto</b>	Sisäpuolinen	<b>Höyrynsulku</b>	K-EL 50/2200
<b>Haastattelu</b>	Katetta on korjailtu. Katteessa on ollut vuotoja kattoikkunan ympärillä. Ulkopuolinen huoltoyhtiö, huolto noin kuukausittain.		
<b>Havainnot</b>	Kate kohtalaisessa kunnossa. Kaivoja oli tukossa. Alemmalla katolla oli pieni alue veden vallassa. Katolla oli paljon roskaa. Katolla oli paljon höyrypusseja. Päätysaumat olivat vetäytyneet alemmalla katolla. Katolla oli sinne kuulumatonta tavaraa. Sirotetta oli irronnut jonkin verran. Ylösnostossa kermin pinta oli valunut.		

<b>Kohteen nimi</b>	Lemminkäinen Oyj, laattatehdas	<b>Nro</b>	<b>32</b>
<b>Paikkakunta</b>	Tuusula		
<b>Katemateriaali</b>	Kumibitumikermi	<b>Katekerrokset</b>	Yksikerroskate (+ reikäkermi)
<b>Kattamisvuosi</b>	1989	<b>Katealusta</b>	Mineraalivilla
<b>Katon koko</b>	1 700 m <sup>2</sup>	<b>Tuuletus</b>	Umpirakenne
<b>Kaltevuus</b>	1:10	<b>Lämmöneriste</b>	Mineraalivilla 160 mm
<b>Vedenpoisto</b>	Sisäpuolinen	<b>Höyrynsulku</b>	Euratex AL
<b>Haastattelu</b>	Vettä lammikoituu vähän jiireihin. Katon huolto ei ole säännöllistä, noin 1 kertaa/vuosi. Katolta on poistettu lunta.		
<b>Havainnot</b>	Kate hyväkuntoinen. Vesi lammikoitui vähäisissä määrin jiirialueille. Sirotetta irronnut jonkin verran. Ylemmällä katolla katteessa reikä. Katteen päällä paljon roskaa. Pellitykset pahasti vaurioituneet.		

<b>Kohteen nimi</b>	Masku	<b>Nro</b>	<b>33</b>
<b>Paikkakunta</b>	Hyvinkää		
<b>Katemateriaali</b>	Kumibitumikermi	<b>Katekerrokset</b>	Kaksikerroskate
<b>Kattamisvuosi</b>	1997	<b>Katealusta</b>	Mineraalivilla
<b>Katon koko</b>	2 300 m <sup>2</sup> (1/3 katosta)	<b>Tuuletus</b>	Tuulettuva umpirakenne (uritettu villa)
<b>Kaltevuus</b>	1:20	<b>Lämmöneriste</b>	Mineraalivilla 160 mm
<b>Vedenpoisto</b>	Sisäpuolinen	<b>Höyrynsulku</b>	Muovi
<b>Haastattelu</b>	Pääkatossa ei ole ollut vuotoja. Yhden sisäänkäynnin yläpuolinen lippa vuotaa. Lunta poistetaan pahimpina talvina. Katon huolto ei ole säännöllistä.		
<b>Havainnot</b>	Kate hyväkuntoinen. Yhdeltä nurkalta räystäspelti pahoin vaurioitunut. Muuallakin räystäspelleissä vaurioita ja puutteita. Kate yleisesti poimuuntunut ylösnostoissa ja niiden saumoja auki. Katteesta on irronnut paljon sirotetta. Lammikoitumisen jälkiä havaittiin jiireissä. Kattoikkunoissa oli paljon puutteita. Alemmalla katolla erittäin paljon sammalta. Katto vailla huoltoa. Vuotokohta ilmeisesti seinäliitoksessa.		

<b>Kohteen nimi</b>	Tasoteräs Oy	<b>Nro</b>	<b>34</b>
<b>Paikkakunta</b>	Helsinki		
<b>Katemateriaali</b>	Kumibitumikermi	<b>Katekerrokset</b>	Kaksikerroskate
<b>Kattamisvuosi</b>	1998	<b>Katealusta</b>	Mineraalivilla
<b>Katon koko</b>	600 m <sup>2</sup> (uusi osa)	<b>Tuuletus</b>	Tuulettuva umpirakenne (uritettu villa)
<b>Kaltevuus</b>	1:20	<b>Lämmöneriste</b>	Mineraalivilla 160 mm
<b>Vedenpoisto</b>	Ulkopuolinen	<b>Höyrynsulku</b>	K-EL 50/2200
<b>Haastattelu</b>	Ei vuotoja. Syöksytorvia on korjailtu (törmäysvaurioita). Katon huolto ei ole säännöllistä. Huoltokäyntien väli jopa useita vuosia. Räystäskouruja putsataan vuosittain. Lumia pudotellaan pahimpina talvina.		
<b>Havainnot</b>	Kate hyväkuntoinen. Räystäspelleissä puutteita. Kattoikkunoiden ylösnostoissa puutteita. Katolla oli jonkin verran roskia. Huolto puutteellista.		

<b>Kohteen nimi</b>	RTV-Yhtymä	<b>Nro</b>	<b>35</b>
<b>Paikkakunta</b>	Vantaa		
<b>Katemateriaali</b>	PVC-muovikermi	<b>Katekerrokset</b>	Yksikerroskate
<b>Kattamisvuosi</b>	1984	<b>Katealusta</b>	Suod. kangas + raakaponttilauta
<b>Katon koko</b>	2 000 m <sup>2</sup>	<b>Tuuletus</b>	Tuulettettu rakenne
<b>Kaltevuus</b>	1:20	<b>Lämmöneriste</b>	Mineraalivilla 200 mm
<b>Vedenpoisto</b>	Sisäpuolinen	<b>Höyrynsulku</b>	Ei
<b>Haastattelu</b>	Kattovuotoja esiintyy säännöllisesti keväisin. Vuotovedet pääsevät sisätiloihin. Vuotokohtia paikkaillaan vuosittain keväisin. Kattoa huolletaan keväisin ja syksyisin. Katolta poistetaan lumet kauttaaltaan joka talvi.		
<b>Havainnot</b>	Kate on heikossa kunnossa. Raakaponttilaudat olivat paikoin irronneet pontista. Katolla oli jonkin verran roskia ja sinne kuulumattomia tavaroita. Osassa kaivoista ei ollut roskasihtiä. Kattoluukut olivat matalia ja niiden kansien puosat olivat säälle alttiina. Lammikoitumista havaittiin paikoin reuna-alueilla.		

<b>Kohteen nimi</b>	Strömsin rivitalot. Kohde poistunut.	<b>Nro</b>	<b>36</b>
<b>Paikkakunta</b>	Helsinki		
<b>Katemateriaali</b>		<b>Katekerrokset</b>	
<b>Kattamisvuosi</b>		<b>Katealusta</b>	
<b>Katon koko</b>		<b>Tuuletus</b>	
<b>Kaltevuus</b>		<b>Lämmöneriste</b>	
<b>Vedenpoisto</b>		<b>Höyrynsulku</b>	
<b>Haastattelu</b>	Vesikate on uusittu vuonna 2012 (Remonttipartio). Kattomuoto muutettu harjakatoksi. Kattovuotoja oli ollut paljon.		
<b>Havainnot</b>			

<b>Kohteen nimi</b>	Messukeskus, Halli 5 pohjoispääty	<b>Nro</b>	<b>37</b>
<b>Paikkakunta</b>	Helsinki		
<b>Katemateriaali</b>	PVC-muovikermi	<b>Katekerrokset</b>	Yksikerroskate
<b>Kattamisvuosi</b>	1988	<b>Katealusta</b>	Suod. kangas + vanha kate
<b>Katon koko</b>	25 000 m <sup>2</sup> (ei tarkastettu kokonaan)	<b>Tuuletus</b>	Umpirakenne
<b>Kaltevuus</b>	1:40	<b>Lämmöneriste</b>	Mineraalivilla 80 mm
<b>Vedenpoisto</b>	Sisäpuolinen	<b>Höyrynsulku</b>	Ei
<b>Haastattelu</b>	Katossa on pistemäisiä vuotoja, jotka ovat aiheutuneet katolla kulkemisesta. Vuotovettä on pieniä määriä päässyt sisätiloihin, ja vuotokohtia on paikattu. Vesi lammikoituu vähäisissä määrin. Huolto noin kuukausittain. Lunta poistetaan joka talvi.		
<b>Havainnot</b>	Kate on kohtalaisessa kunnossa. Paikkauksia on tehty jonkin verran. Lammikoitumista havaittiin vähän. Huolto on riittävää.		

<b>Kohteen nimi</b>	Messukseks, Halli 1	<b>Nro</b>	<b>38</b>
<b>Paikkakunta</b>	Helsinki		
<b>Katemateriaali</b>	PVC-muovikermi	<b>Katekerrokset</b>	Yksikerroskate
<b>Kattamisvuosi</b>	2000	<b>Katealusta</b>	Mineraalivilla
<b>Katon koko</b>	7 000 m <sup>2</sup>	<b>Tuuletus</b>	Tuulettuva umpirakenne (uritettu villa)
<b>Kaltevuus</b>	1:40	<b>Lämmöneriste</b>	Mineraalivilla 80 mm
<b>Vedenpoisto</b>	Sisäpuolinen	<b>Höyrynsulku</b>	Ei
<b>Haastattelu</b>	Katteessa on esiintynyt harvoja vuotoja. Vuotokohtia on paikkailtu. Vettä ei lammikoidu katteen päälle. Huolto noin kuukausittain. Lunta poistetaan joka talvi.		
<b>Havainnot</b>	Kate on hyvässä kunnossa. Paikkauksia on tehty suhteellisen paljon. Lammikoitumista ei havaittu. Huolto on riittävää.		

<b>Kohteen nimi</b>	Käpylän ammattikoulu. Kohde poistunut.	<b>Nro</b>	<b>39</b>
<b>Paikkakunta</b>	Helsinki		
<b>Katemateriaali</b>		<b>Katekerrokset</b>	
<b>Kattamisvuosi</b>		<b>Katealusta</b>	
<b>Katon koko</b>		<b>Tuuletus</b>	
<b>Kaltevuus</b>		<b>Lämmöneriste</b>	
<b>Vedenpoisto</b>		<b>Höyrynsulku</b>	
<b>Haastattelu</b>	Vesikatto uusittu peruskorjauksen yhteydessä vuonna 2013. Vuotoja oli ollut jonkin verran. Ruoteet olivat pääosin kunnossa.		
<b>Havainnot</b>			

<b>Kohteen nimi</b>	Karhuhalli	<b>Nro</b>	<b>40</b>
<b>Paikkakunta</b>	Pori		
<b>Katemateriaali</b>	PVC-muovikermi	<b>Katekerrokset</b>	Yksikerroskate
<b>Kattamisvuosi</b>	1991	<b>Katealusta</b>	Mineraalivilla
<b>Katon koko</b>	15 000 m <sup>2</sup>	<b>Tuuletus</b>	Tuulettuva umpirakenne (uritettu villa)
<b>Kaltevuus</b>	1:0 – 1:45 (kaarikatto)	<b>Lämmöneriste</b>	Mineraalivilla 160 mm
<b>Vedenpoisto</b>	Ulkopuolinen	<b>Höyrynsulku</b>	Muovi
<b>Haastattelu</b>	Katossa on ollut vuotoja joka vuosi. Paikkauksia on tehty vuosittain.		
<b>Havainnot</b>	Kate on heikossa kunnossa. Katteessa havaittiin joitakin repeytymiä. Katetta on paikkailtu erittäin paljon. Tuuletusmatkat ovat erittäin pitkät. Alipainetuulettimista tuli lämmintä ja kosteaa ilmaa.		

<b>Kohteen nimi</b>	HK-areena (ent. Turkuhalli)	<b>Nro</b>	<b>41</b>
<b>Paikkakunta</b>	Turku		
<b>Katemateriaali</b>	PVC-muovikermi	<b>Katekerrokset</b>	Yksikerroskate
<b>Kattamisvuosi</b>	1990	<b>Katealusta</b>	Mineraalivilla
<b>Katon koko</b>	10 000 m <sup>2</sup>	<b>Tuuletus</b>	Umpirakenne
<b>Kaltevuus</b>	1:0 – 1:70 (kaarikatto)	<b>Lämmöneriste</b>	Mineraalivilla 160 mm
<b>Vedenpoisto</b>	Ulkopuolinen	<b>Höyrynsulku</b>	Muovi
<b>Haastattelu</b>	Katossa on pistemäisiä vuotoja, ehkä lintujen aiheuttamia, ei repeämiä. Vuotovesiä on päässyt sisätiloihin. Vettä lammikoituu vähän kouruissa. Kattoa on avattu kourujen kohdilta, ja aluslautoja vaihdettu. Huolto keväisin. Lunta poistetaan joka talvi kouruista. Kaivojen kohtia on paikkailtu.		
<b>Havainnot</b>	Kaarikaton osa hyvässä kunnossa. Paikkauksia on tehty vähän. Luukkujen lähellä kermi rypyssä. Kiinnikkeiden kohdilla oli painumia. Lammikoitumista ei havaittu. Kouruissa kaivojen ympärillä oli jonkin verran roskia. Huolto hieman puutteellista. Sisäänkäynnin tasakatolla oli paljon roskia nurkissa. Pellityksiä oli korjattu. Huolto puutteellista.		

<b>Kohteen nimi</b>	Kankaanpään kaupungintalo	<b>Nro</b>	<b>42</b>
<b>Paikkakunta</b>	Kankaanpää		
<b>Katemateriaali</b>	PVC-muovikermi	<b>Katekerrokset</b>	Yksikerroskate
<b>Kattamisvuosi</b>	1994	<b>Katealusta</b>	Mineraalivilla + vanha kate + lauta
<b>Katon koko</b>	800 m <sup>2</sup>	<b>Tuuletus</b>	Tuuletettu rakenne (vanha kate)
<b>Kaltevuus</b>	1:60	<b>Lämmöneriste</b>	Mineraalivilla 200 mm
<b>Vedenpoisto</b>	Sisäpuolinen	<b>Höyrynsulku</b>	Ei luultavasti
<b>Haastattelu</b>	Katossa on ollut vuotoja, pääosin työvahingoista johtuvia, kattoikkunoiden vaihdon yhteydessä tulleita. Vuotovedet eivät ole päässeet sisätiloihin. Kattoa on avattu kaivon vaihdon yhteydessä. Katon huolto kerran kuukaudessa. Lunta ei poisteta.		
<b>Havainnot</b>	Kate on kohtalaisessa kunnossa. Katossa havaittiin paljon painumia ja lammikoitumista. Katolla oli sinne kuulumattomia tavaroita (IV-remontti käynnissä). Konehuoneen räystääpellityksissä ruuvit koholla. Kattoikkunoiden ylösnostojen reikiä paikattu saumamassalla. Osa pellityksistä irtonaisia. Kaivon ympärillä paljon roskia. Huolto puutteellista.		



<b>Kohteen nimi</b>	Messukeskus, Halli 6 kaakkoisin osa	<b>Nro</b>	<b>43</b>
<b>Paikkakunta</b>	Helsinki		
<b>Katemateriaali</b>	PVC-muovikermi	<b>Katekerrokset</b>	Yksikerroskate
<b>Kattamisvuosi</b>	1988	<b>Katealusta</b>	Suod. kangas + vanha kate
<b>Katon koko</b>	2 000 m <sup>2</sup>	<b>Tuuletus</b>	Umpirakenne
<b>Kaltevuus</b>	1:40	<b>Lämmöneriste</b>	Mineraalivilla 80 mm
<b>Vedenpoisto</b>	Sisäpuolinen	<b>Höyrynsulku</b>	Ei
<b>Haastattelu</b>	Katossa on jonkin verran vuotoja, jotka ovat aiheutuneet katolla kulkemisesta. Vuotovettä on päässyt sisätiloihin, ja vuotokohtia on paikattu. Kattoa on myös avattu vuotojen takia. Vesi lammikoituu jiirialueilla. Huolto noin kuukausittain. Lunta poistetaan joka talvi.		
<b>Havainnot</b>	Kate on heikossa kunnossa. Paikkauksia on tehty paljon. Lammikoitumista havaittiin vähän jiirialueilla. Huolto on riittävää. Yhden läpiviennin tiivistys on tehty bitumikermillä, joka on liimattu PVC-kermiin.		

<b>Kohteen nimi</b>	Myyrmäen jäähalli, halli 1, pohjoispääty	<b>Nro</b>	<b>44</b>
<b>Paikkakunta</b>	Vantaa		
<b>Katemateriaali</b>	Kumibitumikermi	<b>Katekerrokset</b>	Kaksikerroskate
<b>Kattamisvuosi</b>	1994	<b>Katealusta</b>	Mineraalivilla
<b>Katon koko</b>	600 m <sup>2</sup>	<b>Tuuletus</b>	Tuulettuva umpirakenne
<b>Kaltevuus</b>	1:60	<b>Lämmöneriste</b>	SPU-AL 100 mm + Mv 20 mm
<b>Vedenpoisto</b>	Sisäpuolinen	<b>Höyrynsulku</b>	-
<b>Haastattelu</b>			
<b>Havainnot</b>	Katteen kuntoa ei voitu arvioida silmämääräisesti, koska sen päällä oli suojakiveys. Räystäillä kermi olivat paikoin kurtussa ja irti alustasta. Alemmilla katoilla vain 1 kaivo/katto.		

<b>Kohteen nimi</b>	Autobar finland	<b>Nro</b>	<b>45</b>
<b>Paikkakunta</b>	Vantaa		
<b>Katemateriaali</b>	Kumibitumikermi	<b>Katekerrokset</b>	Kaksikerroskate
<b>Kattamisvuosi</b>	2002	<b>Katealusta</b>	Mineraalivilla
<b>Katon koko</b>	4 000 m <sup>2</sup>	<b>Tuuletus</b>	Tuulettuva umpirakenne
<b>Kaltevuus</b>	1:40	<b>Lämmöneriste</b>	Mineraalivilla 130+30 mm
<b>Vedenpoisto</b>	Sisäpuolinen	<b>Höyrynsulku</b>	Muovi
<b>Haastattelu</b>	Katteessa ei ole vuotoja. Katon huolto on säännöllistä, noin kerran kuukaudessa. Ulkopuolinen huoltoyhtiö.		
<b>Havainnot</b>	Kate on hyvässä kunnossa. Lammikoitumista havaittiin jonkin verran jireissä. Räystäspeltien kiinnikejako on harva. IV-kojeitten pellityksissä on puutteita (vesi lammikoituu). Yksi IV-läpivienti toteutettu väärin.		

<b>Kohteen nimi</b>	Stora Enso, Veitsiluodon tehtaas, OPA-projekti, PK 6	<b>Nro</b>	<b>46</b>
<b>Paikkakunta</b>	Oulu		
<b>Katemateriaali</b>	Kumibitumikermi	<b>Katekerrokset</b>	Kaksikerroskate
<b>Kattamisvuosi</b>	1991	<b>Katealusta</b>	Mineraalivilla
<b>Katon koko</b>	800	<b>Tuuletus</b>	Tuulettuva umpirakenne
<b>Kaltevuus</b>	1:40	<b>Lämmöneriste</b>	Polyuretaani 160 mm
<b>Vedenpoisto</b>	Sisäpuolinen	<b>Höyrynsulku</b>	Muovi
<b>Haastattelu</b>			
<b>Havainnot</b>	Kate on kohtalaisessa kunnossa. Katteen alla polyuretaani oli yläpinnastaan märkä, pohjastaan kuiva. Monin paikoin kaivot olivat tukossa tai roskaisia. Katolla oli paljon roskia. Huolto puutteellista.		

<b>Kohteen nimi</b>	Lujitustekniikka Oy	<b>Nro</b>	<b>47</b>
<b>Paikkakunta</b>	Espoo		
<b>Katemateriaali</b>	Kumibitumikermi	<b>Katekerrokset</b>	Kaksikerroskate
<b>Kattamisvuosi</b>	1997	<b>Katealusta</b>	Mineraalivilla
<b>Katon koko</b>	600 m <sup>2</sup>	<b>Tuuletus</b>	Tuulettuva umpirakenne
<b>Kaltevuus</b>	1:16	<b>Lämmöneriste</b>	Mineraalivilla 140+20 mm
<b>Vedenpoisto</b>	Sisäpuolinen	<b>Höyrynsulku</b>	Muovi
<b>Haastattelu</b>			
<b>Havainnot</b>	Kate on hyvässä kunnossa. Mainostelineen kaatuminen oli aiheuttanut kattoon vuodon. Katolla havaittiin jonkin verran jäkälää. Katon huolto puutteellista.		

<b>Kohteen nimi</b>	Peltitarvike Oy	<b>Nro</b>	<b>48</b>
<b>Paikkakunta</b>	Vantaa		
<b>Katemateriaali</b>	CPE-muovikermi (Alkorflex)	<b>Katekerrokset</b>	Yksikerroskate
<b>Kattamisvuosi</b>	1989	<b>Katealusta</b>	Mineraalivilla
<b>Katon koko</b>	10 000 m <sup>2</sup>	<b>Tuuletus</b>	Umpirakenne
<b>Kaltevuus</b>	1:40	<b>Lämmöneriste</b>	Mineraalivilla 100+30 mm
<b>Vedenpoisto</b>	Sisäpuolinen	<b>Höyrynsulku</b>	Muovi
<b>Haastattelu</b>	Katteessa on ollut vuotoja vuosittain. Kattoa paikkaillaan vuosittain. Ongelmana ovat saumat, jotka eivät kestä. Kattoa huolletaan säännöllisesti 3 kertaa vuodessa. Lunta ei poisteta.		
<b>Havainnot</b>	Kate on kohtalaisessa kunnossa. Jiirien kallistukset ovat erittäin loivat. Vettä lammikoituu katteen päälle monin paikoin. Katetta on paikkailtu paljon. Osa paikkauksista on saumasta auki. Läpivientejä korjailtu saumamassalla. Katteen saumoja oli auennut paikoin. Katolla oli jonkin verran roskia. Nurkissa kermi oli yleisti rypyssä. Konehuoneen vedet johdetaan alemmalle katolle.		

<b>Kohteen nimi</b>	Okmetic Oyj	<b>Nro</b>	<b>49</b>
<b>Paikkakunta</b>	Vantaa		
<b>Katemateriaali</b>	PVC-muovikermi	<b>Katekerrokset</b>	Yksikerroskate
<b>Kattamisvuosi</b>	1995	<b>Katealusta</b>	Mineraalivilla
<b>Katon koko</b>	1000 m <sup>2</sup>	<b>Tuuletus</b>	Tuuletettu rakenne (vanha kate)
<b>Kaltevuus</b>	1:60	<b>Lämmöneriste</b>	Mineraalivilla 200 mm
<b>Vedenpoisto</b>	Sisäpuolinen	<b>Höyrinsulku</b>	Ei luultavasti
<b>Haastattelu</b>	Katteessa on ollut paljon vuotoja. Paikkauksia on tehty vuosittain. Katteen päälle lammikoituu vettä vain vähän.		
<b>Havainnot</b>	Kate on hyvässä kunnossa. Useimpien kaivojen ympärystät olivat roskaisia. Katteessa oli jonkin verran ryppyjä. Paikkauksia oli tehty jonkin verran. Vettä lammikoitui katteen päälle vain vähän. Katolla ei ollut alipainetuulettimia.		

Nro	Mat.	Tukik.	Vuosi	TULOS		VERTAILU			VERTAILU			VERTAILU		
				Repäisylujuus	(N)	2004		VTT 1994		Kirjallisuus				
						Repäisylujuus		Repäisylujuus		Repäisylujuus				
					(N)	Erotus		(N)	Erotus		(N)	Erotus		
1	SBS	2S	1980	89	75	14	19 %	74	15	20 %	60	29	48 %	
2	SBS	2S	1986	96	86	10	12 %	97	-1	-1 %	60	36	60 %	
3	SBS	2S	1982	107	86	21	24 %	114	-7	-6 %	60	47	78 %	
4	SBS	2S	1981	126	116	10	9 %	128	-2	-2 %	60	66	110 %	
5	SBS	2S	1980	94	100	-6	-6 %	102	-8	-8 %	60	34	57 %	
6	SBS	2S	1987	110	130	-20	-15 %	152	-42	-28 %	60	50	83 %	
7	SBS	2S	1988	121	108	13	12 %	142	-21	-15 %	60	61	102 %	
8	SBS	2S	1986	100	105	-5	-5 %	121	-21	-17 %	60	40	67 %	
9	Poistunut													
10	SBS	2S	1981	152	110	42	38 %	160	-8	-5 %	60	92	153 %	
11	Poistunut													
12	SBS	2S	1983	101	91	10	11 %	108	-7	-6 %	60	41	68 %	
13	Poistunut													
14	Poistunut													
15	SBS	L + 2S	1982	111	128	-17	-13 %	128	-17	-13 %	65	46	71 %	
16	SBS	S + L	1985	58	59	-1	-2 %	59	-1	-2 %	35	23	66 %	
17	Poistunut													
18	APP	2S	1985	155	115	40	35 %	149	6	4 %	60	95	158 %	
19	APP	2S	1985	153	120	33	28 %	135	18	13 %	60	93	155 %	
20	APP	2S	1985	121	130	-9	-7 %	117	4	3 %	60	61	102 %	
21	APP	S + Lr	1989	78	66	12	18 %	62	16	26 %	80	-2	-3 %	
22	Poistunut													
23	Poistunut													
24	Poistunut													
25	Poistunut													
26	SBS	L + S	1991	61	62	-1	-2 %				35	26	74 %	
27	Poistunut													
28	SBS	S	1996	73	65	8	12 %				80	-7	-9 %	
29	SBS	2S	1996	84	88	-4	-5 %				60	24	40 %	
30	SBS	S + L	1996	53	57	-4	-7 %				32	21	66 %	
31	SBS	2S	1997	112	111	1	1 %				60	52	87 %	
32	SBS	S + Lr	1989	97	88	9	10 %				80	17	21 %	
33	SBS	L + S	1997	101	69	32	46 %				35	66	189 %	
34	SBS	2S	1998	121	132	-11	-8 %				60	61	102 %	
35	PVC	Sv	1984	202	195	7	4 %							
36	Poistunut													
37	PVC	Sv	1988	154	129	25	19 %							
38	PVC	Sv	2000	341	285	56	20 %							
39	Poistunut													
40	PVC	Sv	1991	135	120	15	13 %							
41	PVC	Sv	1990	224	214	10	5 %							
42	PVC	Sv	1994	156	158	-2	-1 %							
43	PVC	Sv	1988	131										
44	SBS	2S	1994	107							60	47	78 %	
45	SBS	2S	2002	111							60	51	85 %	
46	SBS	2S	1991	106							60	46	77 %	
47	SBS	2S	1997	69							60	9	15 %	
48	CPE	Sv	1989	38										
49	PVC	Sv	1995	181										
Vertailunäyte, Kumibitumikermi														
	SBS	S	2014	95	104	-9	-9 %				60	35	58 %	
Vertailunäyte, PVC-kermi														
	PVC	Sv	2014	542	353	189	54 %							
Vertailunäyte, CPE-kermi														
	CPE	Sv	2014	66										

Nro	Mat.	Tukik.	Vuosi	TULOS	VERTAILU	VERTAILU	VERTAILU
				Taivutettavuus	2004	1994	Kirjallisuus
				(°C)	Taivutettavuus (°C)	Taivutettavuus (°C)	Taivutettavuus (°C)
1	SBS	2S	1980				
2	SBS	2S	1986				
3	SBS	2S	1982				
4	SBS	2S	1981				
5	SBS	2S	1980				
6	SBS	2S	1987				
7	SBS	2S	1988				
8	SBS	2S	1986				
9	Poistunut						
10	SBS	2S	1981				
11	Poistunut						
12	SBS	2S	1983				
13	Poistunut						
14	Poistunut						
15	SBS	L + 2S	1982				
16	SBS	S + L	1985				
17	Poistunut						
18	APP	2S	1985				
19	APP	2S	1985				
20	APP	2S	1985				
21	APP	S + Lr	1988-89	5	0	5	-20
22	Poistunut						
23	Poistunut						
24	Poistunut						
25	Poistunut						
26	SBS	L + S	1991				
27	Poistunut						
28	SBS	S	1996	-5	-15		-20
29	SBS	2S	1995-96				
30	SBS	S + L	1995-96				
31	SBS	2S	1997				
32	SBS	S + Lr	1989	-20	-25		-20
33	SBS	L + S	1997				
34	SBS	2S	1998				
35	PVC	Sv	1984				
36	Poistunut						
37	PVC	Sv	1988				
38	PVC	Sv	2000				
39	Poistunut						
40	PVC	Sv	1991				
41	PVC	Sv	1990				
42	PVC	Sv	1994				
43	PVC	Sv	1988				
44	SBS	2S	1994				
45	SBS	2S	2002				
46	SBS	2S	1991				
47	SBS	2S	1997				
48	CPE	Sv	1989				
49	PVC	Sv	1995				
Vertailunäyte, Kumibitumikermi							
	SBS	2S	2014				
Vertailunäyte, PVC-kermi							
	PVC	Sv	2014				
Vertailunäyte, CPE-kermi							
	CPE	Sv	2014				

Nro	Mat.	Tukik.	Vuosi	TULOS		VERTAILU						
				Vetolujuus (kN/m)	Venymä (%)	2004						
						Vetolujuus				Venymä		
						(kN/m)	Erotus			(%)	Erotus	
1	SBS	2S	1980	24.1	42.5	26.4	-2.3	-9 %		45.3	-2.8	-6 %
2	SBS	2S	1986	31.9	46.7	30.3	1.6	5 %		46.4	0.3	1 %
3	SBS	2S	1982	26.0	38.6	29.0	-3.0	-10 %		51.6	-13.0	-25 %
4	SBS	2S	1981	27.1	50.6	27.0	0.1	0 %		55.7	-5.1	-9 %
5	SBS	2S	1980	30.7	43.8	27.6	3.1	11 %		51.6	-7.8	-15 %
6	SBS	2S	1987	29.8	42.9	28.9	0.9	3 %		42.8	0.1	0 %
7	SBS	2S	1988	27.9	46.7	27.9	0.0	0 %		43.0	3.7	9 %
8	SBS	2S	1986	30.7	41.8	26.7	4.0	15 %		47.8	-6.0	-13 %
9	Poistunut											
10	SBS	2S	1981	24.4	43.3	26.2	-1.8	-7 %		39.3	4.0	10 %
11	Poistunut											
12	SBS	2S	1983	30.9	49.7	30.2	0.7	2 %		50.2	-0.5	-1 %
13	Poistunut											
14	Poistunut											
15	SBS	L + 2S	1982	32.6	40.9	30.4	2.2	7 %		40.9	0.0	0 %
16	SBS	S + L	1985	16.8	36.3	16.2	0.6	4 %		42.4	-6.1	-14 %
17	Poistunut											
18	APP	2S	1985	46.4	49.2	45.8	0.6	1 %		56.0	-6.8	-12 %
19	APP	2S	1985	44.2	54.7	44.8	-0.6	-1 %		65.7	-11.0	-17 %
20	APP	2S	1985	32.5	44.8	45.8	-13.3	-29 %		57.2	-12.4	-22 %
21	APP	S + Lr	1989	15.2	45.7	13.9	1.3	9 %		29.0	16.7	58 %
22	Poistunut											
23	Poistunut											
24	Poistunut											
25	Poistunut											
26	SBS	L + S	1991	20.9	41.7	21.1	-0.2	-1 %		2.4	39.3	1638 %
27	Poistunut											
28	SBS	S	1996	16.7	38.3	17.1	-0.4	-2 %		43.9	-5.6	-13 %
29	SBS	2S	1996	34.3	40.2	34.8	-0.5	-1 %		44.1	-3.9	-9 %
30	SBS	S + L	1996	19.8	35.2	18.7	1.1	6 %		38.7	-3.5	-9 %
31	SBS	2S	1997	30.6	42.4	36.4	-5.8	-16 %		45.3	-2.9	-6 %
32	SBS	S + Lr	1989	19.0	42.5	18.9	0.1	0 %		53.1	-10.6	-20 %
33	SBS	L + S	1997	11.8	28.6	16.5	-4.7	-29 %		11.4	17.2	151 %
34	SBS	2S	1998	42.9	51.2	39.2	3.7	10 %		47.3	3.9	8 %
35	PVC	Sv	1984	31.7	16.0	37.7	-6.0	-16 %		18.5	-2.5	-14 %
36	Poistunut											
37	PVC	Sv	1988	21.2	15.7	23.3	-2.1	-9 %		13.6	2.1	15 %
38	PVC	Sv	2000	25.8	22.1	27.0	-1.2	-4 %		24.2	-2.1	-9 %
39	Poistunut											
40	PVC	Sv	1991	23.4	24.6	24.2	-0.8	-3 %		18.3	6.3	34 %
41	PVC	Sv	1990	17.4	17.3	21.1	-3.7	-17 %		16.1	1.2	7 %
42	PVC	Sv	1994	23.8	15.7	24.2	-0.4	-1 %		15.8	-0.1	-1 %
43	PVC	Sv	1988	22.2	19.8							
44	SBS	2S	1994	36.1	41.1							
45	SBS	2S	2002	40.0	47.6							
46	SBS	2S	1991	28.8	43.3							
47	SBS	2S	1997	36.8	40.5							
48	CPE	Sv	1989	28.0	17.5							
49	PVC	Sv	1995	23.2	17							
Vertailunäyte, Kumibitumikermi												
	SBS	2S	2014	32.08	40.8	35.5	-3.42	-10 %		44.5	-3.7	-8 %
Vertailunäyte, PVC-kermi												
	PVC	Sv	2014	27.22	21.3	28.8	-1.58	-5 %		26.9	-5.6	-21 %
Vertailunäyte, CPE-kermi												
	CPE	Sv	2014	33.5	17.8							

Nro	Mat.	Tukik.	Vuosi	TULOS		VERTAILU						
				Vetolujuus (kN/m)	Venymä (%)	VTT 1994						
						Vetolujuus				Venymä		
						(kN/m)	Erotus			(%)	Erotus	
1	SBS	2S	1980	24.1	42.5	25.4	-1.3	-5 %		52	-9.5	-18 %
2	SBS	2S	1986	31.9	46.7	31.2	0.7	2 %		51	-4.3	-8 %
3	SBS	2S	1982	26.0	38.6	31.4	-5.4	-17 %		50	-11.4	-23 %
4	SBS	2S	1981	27.1	50.6	27.2	-0.1	0 %		59	-8.4	-14 %
5	SBS	2S	1980	30.7	43.8	25.0	5.7	23 %		36	7.8	22 %
6	SBS	2S	1987	29.8	42.9	24.8	5.0	20 %		29	13.9	48 %
7	SBS	2S	1988	27.9	46.7	21.1	6.8	32 %		18	28.7	159 %
8	SBS	2S	1986	30.7	41.8	25.1	5.6	22 %		27	14.8	55 %
9	Poistunut											
10	SBS	2S	1981	24.4	43.3	19.8	4.6	23 %		31	12.3	40 %
11	Poistunut											
12	SBS	2S	1983	30.9	49.7	24.6	6.3	26 %		31	18.7	60 %
13	Poistunut											
14	Poistunut											
15	SBS	L + 2S	1982	32.6	40.9	34.8	-2.2	-6 %		59	-18.1	-31 %
16	SBS	S + L	1985	16.8	36.3	16.3	0.5	3 %		49	-12.7	-26 %
17	Poistunut											
18	APP	2S	1985	46.4	49.2	30.9	15.5	50 %		17	32.2	189 %
19	APP	2S	1985	44.2	54.7	28.1	16.1	57 %		14	40.7	291 %
20	APP	2S	1985	32.5	44.8	28.2	4.3	15 %		21	23.8	113 %
21	APP	S + Lr	1989	15.2	45.7	11.6	3.6	31 %		31	14.7	47 %
22	Poistunut											
23	Poistunut											
24	Poistunut											
25	Poistunut											
26	SBS	L + S	1991	20.9	41.7							
27	Poistunut											
28	SBS	S	1996	16.7	38.3							
29	SBS	2S	1996	34.3	40.2							
30	SBS	S + L	1996	19.8	35.2							
31	SBS	2S	1997	30.6	42.4							
32	SBS	S + Lr	1989	19.0	42.5							
33	SBS	L + S	1997	11.8	28.6							
34	SBS	2S	1998	42.9	51.2							
35	PVC	Sv	1984	31.7	16.0							
36	Poistunut											
37	PVC	Sv	1988	21.2	15.7							
38	PVC	Sv	2000	25.8	22.1							
39	Poistunut											
40	PVC	Sv	1991	23.4	24.6							
41	PVC	Sv	1990	17.4	17.3							
42	PVC	Sv	1994	23.8	15.7							
43	PVC	Sv	1988	22.2	19.8							
44	SBS	2S	1994	36.1	41.1							
45	SBS	2S	2002	40.0	47.6							
46	SBS	2S	1991	28.8	43.3							
47	SBS	2S	1997	36.8	40.5							
48	CPE	Sv	1989	28.0	17.5							
49	PVC	Sv	1995	23.2	17							
Vertailunäyte, Kumibitumikermi												
	SBS	2S	2014	32.1	40.8							
Vertailunäyte, PVC-kermi												
	PVC	Sv	2014	27.2	21.3							
Vertailunäyte, CPE-kermi												
	CPE	Sv	2014	33.5	17.8							

Nro	Mat.	Tukik.	Vuosi	TULOS		VERTAILU						
				Vetolujuus (kN/m)	Venymä (%)	KIRJALLISUUS						
						Vetolujuus				Venymä		
(kN/m)	(%)	(kN/m)	Erotus		(%)	Erotus						
1	SBS	2S	1980	24.1	42.5	20.0	4.1	20 %		30	12.5	42 %
2	SBS	2S	1986	31.9	46.7	20.0	11.9	60 %		30	16.7	56 %
3	SBS	2S	1982	26.0	38.6	20.0	6.0	30 %		30	8.6	29 %
4	SBS	2S	1981	27.1	50.6	20.0	7.1	35 %		30	20.6	69 %
5	SBS	2S	1980	30.7	43.8	20.0	10.7	54 %		30	13.8	46 %
6	SBS	2S	1987	29.8	42.9	20.0	9.8	49 %		30	12.9	43 %
7	SBS	2S	1988	27.9	46.7	20.0	7.9	40 %		30.0	16.7	56 %
8	SBS	2S	1986	30.7	41.8	20.0	10.7	54 %		30	11.8	39 %
9	Poistunut											
10	SBS	2S	1981	24.4	43.3	20.0	4.4	22 %		30	13.3	44 %
11	Poistunut											
12	SBS	2S	1983	30.9	49.7	20.0	10.9	55 %		30	19.7	66 %
13	Poistunut											
14	Poistunut											
15	SBS	L + 2S	1982	32.6	40.9	25.0	7.6	30 %		30	10.9	36 %
16	SBS	S + L	1985	16.8	36.3	15.0	1.8	12 %		30	6.3	21 %
17	Poistunut											
18	APP	2S	1985	46.4	49.2	20.0	26.4	132 %		30.0	19.2	64 %
19	APP	2S	1985	44.2	54.7	20.0	24.2	121 %		30	24.7	82 %
20	APP	2S	1985	32.5	44.8	20.0	12.5	62 %		30	14.8	49 %
21	APP	S + Lr	1989	15.2	45.7	15.0	0.2	1 %		15.0	30.7	205 %
22	Poistunut											
23	Poistunut											
24	Poistunut											
25	Poistunut											
26	SBS	L + S	1991	20.9	41.7	15.0	5.9	39 %		2	39.7	1985 %
27	Poistunut											
28	SBS	S	1996	16.7	38.3	15.0	1.7	11 %		15	23.3	155 %
29	SBS	2S	1996	34.3	40.2	20.0	14.3	72 %		30	10.2	34 %
30	SBS	S + L	1996	19.8	35.2	15.0	4.8	32 %		30	5.2	17 %
31	SBS	2S	1997	30.6	42.4	20.0	10.6	53 %		30	12.4	41 %
32	SBS	S + Lr	1989	19.0	42.5	15.0	4.0	26 %		15	27.5	183 %
33	SBS	L + S	1997	11.8	28.6	15.0	-3.2	-21 %		2	26.6	1330 %
34	SBS	2S	1998	42.9	51.2	20.0	22.9	115 %		30	21.2	71 %
35	PVC	Sv	1984	31.7	16.0	22.0	9.7	44 %		15	1.0	7 %
36	Poistunut											
37	PVC	Sv	1988	21.2	15.7	22.0	-0.8	-4 %		15	0.7	5 %
38	PVC	Sv	2000	25.8	22.1	22.0	3.8	17 %		15	7.1	47 %
39	Poistunut											
40	PVC	Sv	1991	23.4	24.6	22.0	1.4	6 %		15	9.6	64 %
41	PVC	Sv	1990	17.4	17.3	22.0	-4.6	-21 %		15	2.3	15 %
42	PVC	Sv	1994	23.8	15.7	22.0	1.8	8 %		15	0.7	5 %
43	PVC	Sv	1988	22.2	19.8	22.0	0.2	1 %		15	4.8	32 %
44	SBS	2S	1994	36.1	41.1	20.0	16.1	80 %		30	11.1	37 %
45	SBS	2S	2002	40.0	47.6	20.0	20.0	100 %		30	17.6	59 %
46	SBS	2S	1991	28.8	43.3	20.0	8.8	44 %		30	13.3	44 %
47	SBS	2S	1997	36.8	40.5	20.0	16.8	84 %		30	10.5	35 %
48	CPE	Sv	1989	28.0	17.5	16.0	12.0	75 %		10	7.5	75 %
49	PVC	Sv	1995	23.2	17	22.0	1.2	5 %		15	2.0	13 %
Vertailunäyte, Kumibitumikermi												
	SBS	S	2014	32.1	40.8	12	20.1	167 %		30	10.8	36 %
Vertailunäyte, PVC-kermi												
	PVC	Sv	2014	27.2	21.3	22	5.22	24 %		15	6.3	42 %
Vertailunäyte, CPE-kermi												
	CPE	Sv	2014	33.5	17.8							



Nro	Mat.	Tukik.	Vuosi	VERTAILU			VERTAILU			
				TULOS	2004			1994		
				Vetolujuus	Sauman vetolujuus			Sauman vetolujuus		
				(kN/m)	(kN/m)	Erotus		(kN/m)	Erotus	
1	SBS	2S	1980	26.0	34.5	-8.46	-25 %	28.5	-2.5	-9 %
2	SBS	2S	1986	21.8	22.6	-0.82	-4 %	22.6	-0.82	-4 %
3	SBS	2S	1982	30.7	31.1	-0.38	-1 %	30.2	0.52	2 %
4	SBS	2S	1981	25.2	26.8	-1.64	-6 %	22.1	3.06	14 %
5	SBS	2S	1980	21.7						
6	SBS	2S	1987	26.8	24.5	2.32	9 %	25.7	1.12	4 %
7	SBS	2S	1988	18.3	20.9	-2.6	-12 %	21.8	-3.5	-16 %
8	SBS	2S	1986	19.3	19.5	-0.18	-1 %	26	-6.68	-26 %
9	Poistunut									
10	SBS	2S	1981	21.2	23.9	-2.72	-11 %	21.3	-0.12	-1 %
11	Poistunut									
12	SBS	2S	1983	22.7	23.6	-0.9	-4 %	25.5	-2.8	-11 %
13	Poistunut									
14	Poistunut									
15	SBS	L + 2S	1982	29.3	28	1.32	5 %	27.5	1.82	7 %
16	SBS	S + L	1985	13.1	10.7	2.36	22 %	11.5	1.56	14 %
17	Poistunut									
18	APP	2S	1985	25.9	26.1	-0.16	-1 %	25	0.94	4 %
19	APP	2S	1985	24.2	24.7	-0.46	-2 %	24.3	-0.06	0 %
20	APP	2S	1985	23.5	24.3	-0.76	-3 %	23.2	0.34	1 %
21	APP	S + Lr	1989	12.0	10.6	1.36	13 %	12.6	-0.64	-5 %
22	Poistunut									
23	Poistunut									
24	Poistunut									
25	Poistunut									
26	SBS	L + S	1991	12.7	14	-1.34	-10 %			
27	Poistunut									
28	SBS	S	1996	16.4	15.5	0.94	6 %			
29	SBS	2S	1996	25.7	27.8	-2.06	-7 %			
30	SBS	S + L	1996	13.0	13.3	-0.28	-2 %			
31	SBS	2S	1997	31.4	25.7	5.7	22 %			
32	SBS	S + Lr	1989	11.0	10.6	0.44	4 %			
33	SBS	L + S	1997	16.8	12.7	4.08	32 %			
34	SBS	2S	1998	26.8	24	2.8	12 %			
35	PVC	Sv	1984	28.7	27	1.74	6 %			
36	Poistunut									
37	PVC	Sv	1988	17.3	21.2	-3.9	-18 %			
38	PVC	Sv	2000	18.3	18.5	-0.18	-1 %			
39	Poistunut									
40	PVC	Sv	1991	19.9	19.5	0.4	2 %			
41	PVC	Sv	1990	18.9	20.1	-1.24	-6 %			
42	PVC	Sv	1994	20.8	19.4	1.38	7 %			
43	PVC	Sv	1988	19.3						
44	SBS	2S	1994	22.0						
45	SBS	2S	2002	25.8						
46	SBS	2S	1991	25.8						
47	SBS	2S	1997	30.3						
48	CPE	Sv	1989	23.1						
49	PVC	Sv	1995	20.6						
Vertailunäyte, Kumibitumikermi										
	SBS	2S	2014	20.9	24	-3.06	-13 %			
Vertailunäyte, PVC-kermi										
	PVC	Sv	2014	15.3	11	4.3	39 %			
Vertailunäyte, CPE-kermi										
	CPE	Sv	2014	22.6						

Nro	Mat.	Tukik.	Vuosi	TULOS		VERTAILU		
				Vetolujuus		Kirjallisuus		
						Sauman vetolujuus		
				(kN/m)		(kN/m)	Erotus	
1	SBS	2S	1980	26.0		16	10.0	63 %
2	SBS	2S	1986	21.8		16	5.8	36 %
3	SBS	2S	1982	30.7		16	14.7	92 %
4	SBS	2S	1981	25.2		16	9.2	57 %
5	SBS	2S	1980	21.7		16	5.7	36 %
6	SBS	2S	1987	26.8		16	10.8	68 %
7	SBS	2S	1988	18.3		16	2.3	14 %
8	SBS	2S	1986	19.3		16	3.3	21 %
9	Poistunut							
10	SBS	2S	1981	21.2		16	5.2	32 %
11	Poistunut							
12	SBS	2S	1983	22.7		16	6.7	42 %
13	Poistunut							
14	Poistunut							
15	SBS	L + 2S	1982	29.3		20	9.3	47 %
16	SBS	S + L	1985	13.1		12	1.1	9 %
17	Poistunut							
18	APP	2S	1985	25.9		16	9.9	62 %
19	APP	2S	1985	24.2		16	8.2	52 %
20	APP	2S	1985	23.5		16	7.5	47 %
21	APP	S + Lr	1988-89	12.0		10	2.0	20 %
22	Poistunut							
23	Poistunut							
24	Poistunut							
25	Poistunut							
26	SBS	L + S	1991	12.7		12	0.7	6 %
27	Poistunut							
28	SBS	S	1996	16.4		10	6.4	64 %
29	SBS	2S	1996	25.7		16	9.7	61 %
30	SBS	S + L	1996	13.0		12	1.0	9 %
31	SBS	2S	1997	31.4		16	15.4	96 %
32	SBS	S + Lr	1989	11.0		10	1.0	10 %
33	SBS	L + S	1997	16.8		12	4.8	40 %
34	SBS	2S	1998	26.8		16	10.8	68 %
35	PVC	Sv	1984	28.7		22	6.7	31 %
36	Poistunut							
37	PVC	Sv	1988	17.3		22	-4.7	-21 %
38	PVC	Sv	2000	18.3		22	-3.7	-17 %
39	Poistunut							
40	PVC	Sv	1991	19.9		22	-2.1	-10 %
41	PVC	Sv	1990	18.9		22	-3.1	-14 %
42	PVC	Sv	1994	20.8		22	-1.2	-6 %
43	PVC	Sv	1988	19.3		22	-2.7	-12 %
44	SBS	2S	1994	22.0		16	6.0	38 %
45	SBS	2S	2002	25.8		16	9.8	61 %
46	SBS	2S	1991	25.8		16	9.8	61 %
47	SBS	2S	1997	30.3		16	14.3	89 %
48	CPE	Sv	1989	23.1		16	7.1	44 %
49	PVC	Sv	1995	20.6		22	-1.4	-6 %
Vertailunäyte, Kumibitumikermi								
	SBS	2S	2014	20.9		16	4.9	31 %
Vertailunäyte, PVC-kermi								
	PVC	Sv	2014	15.3		22	-6.7	-30 %
Vertailunäyte, CPE-kermi								
	CPE	Sv	2014	22.6		22	0.6	3 %

Nro	Mat.	Tukik.	Vuosi	TULOS		VERTAILU						
				Vetolujuus (kN/m)	Venymä (%)	2004						
						Vetolujuus			Venymä			
						(kN/m)	Erotus		(%)	Erotus		
1	SBS	2S	1980	34.7	34.9	37.8	-3.1	-8 %	35.7	-0.8	-2 %	
2	SBS	2S	1986	44.6	36.9	48.1	-3.5	-7 %	42.5	-5.6	-13 %	
3	SBS	2S	1982	34.2	21.4	38.9	-4.7	-12 %	30.2	-8.8	-29 %	
4	SBS	2S	1981	37.8	46.1	38.5	-0.7	-2 %	41.3	4.8	12 %	
5	SBS	2S	1980	44.8	39.2	39.5	5.3	13 %	29.4	9.8	33 %	
6	SBS	2S	1987	49.9	39.3	46.6	3.3	7 %	43.6	-4.3	-10 %	
7	SBS	2S	1988	47.1	42.7	48.8	-1.7	-3 %	37.0	5.7	15 %	
8	SBS	2S	1986	49.4	41.9	47.7	1.7	4 %	39.2	2.7	7 %	
9	Poistunut											
10	SBS	2S	1981	43.8	30.6	45.4	-1.6	-4 %	33.0	-2.4	-7 %	
11	Poistunut											
12	SBS	2S	1983	41.5	45.6	42.8	-1.3	-3 %	37.7	7.9	21 %	
13	Poistunut											
14	Poistunut											
15	SBS	L + 2S	1982	43.1	31.0	49.0	-5.9	-12 %	40.6	-9.6	-24 %	
16	SBS	S + L	1985	23.4	27.9	24.2	-0.8	-3 %	2.9	25.0	862 %	
17	Poistunut											
18	APP	2S	1985	52.5	31.2	56.2	-3.7	-7 %	34.0	-2.8	-8 %	
19	APP	2S	1985	49.8	29.2	52.2	-2.4	-5 %	23.6	5.6	24 %	
20	APP	2S	1985	48.0	31.8	51.5	-3.5	-7 %	23.7	8.1	34 %	
21	APP	S + Lr	1989	20.4	2.2	24.2	-3.8	-16 %	1.6	0.6	38 %	
22	Poistunut											
23	Poistunut											
24	Poistunut											
25	Poistunut											
26	SBS	L + S	1991	34.0	28.3	33.3	0.7	2 %	3.0	25.3	843 %	
27	Poistunut											
28	SBS	S	1996	24.7	4.7	23.8	0.9	4 %	3.3	1.4	42 %	
29	SBS	2S	1996	41.7	21.3	43.4	-1.7	-4 %	27.6	-6.3	-23 %	
30	SBS	S + L	1996	35.1	9	31.8	3.3	10 %	4.5	4.5	100 %	
31	SBS	2S	1997	40.2	32	53.9	-13.7	-25 %	37.0	-5.0	-14 %	
32	SBS	S + Lr	1989	28.3	40.8	28.8	-0.5	-2 %	39.4	1.4	4 %	
33	SBS	L + S	1997	26.7	17.5	35.7	-9.0	-25 %	3.7	13.8	373 %	
34	SBS	2S	1998	54.3	33.7	56.6	-2.3	-4 %	30.1	3.6	12 %	
35	PVC	Sv	1984	46.8	25.0	48.2	-1.4	-3 %	25.1	-0.1	0 %	
36	Poistunut											
37	PVC	Sv	1988	30.9	20.7	32.5	-1.6	-5 %	18.7	2.0	11 %	
38	PVC	Sv	2000	36.8	32.0	37.7	-0.9	-2 %	33.1	-1.1	-3 %	
39	Poistunut											
40	PVC	Sv	1991	37.9	28.5	36.1	1.8	5 %	27.5	1.0	4 %	
41	PVC	Sv	1990	29.2	23.4	33.6	-4.4	-13 %	26.6	-3.2	-12 %	
42	PVC	Sv	1994	34.7	22.7	34.9	-0.2	-1 %	22.8	-0.1	0 %	
43	PVC	Sv	1988	36.3	29.6							
44	SBS	2S	1994	48.1	37.5							
45	SBS	2S	2002	52.7	40.6							
46	SBS	2S	1991	46.1	38.2							
47	SBS	2S	1997	43.6	27.2							
48	CPE	Sv	1989	54.9	29.3							
49	PVC	Sv	1995	32.1	25.5							
Vertailunäyte, Kumibitumikermi												
	SBS	S	2014	48.2	20.6	49.4	-1.2	-2 %	32.9	-12.3	-37 %	
Vertailunäyte, PVC-kermi												
	PVC	Sv	2014	38.8	31.6	37.4	1.4	4 %	35.3	-3.7	-10 %	
Vertailunäyte, CPE-kermi												
	CPE	Sv	2014	39.5	26.0							

Nro	Mat.	Tukik.	Vuosi	TULOS		VERTAILU						
				Vetolujuus (kN/m)	Venymä (%)	VTT 1994						
						Vetolujuus				Venymä		
(kN/m)	(%)	(kN/m)	Erotus		(%)	Erotus						
1	SBS	2S	1980	34.7	34.9	38.0	-3.3	-9 %		63	-28.1	-45 %
2	SBS	2S	1986	44.6	36.9	42.1	2.5	6 %		51	-14.1	-28 %
3	SBS	2S	1982	34.2	21.4	47.1	-12.9	-27 %		74	-52.6	-71 %
4	SBS	2S	1981	37.8	46.1	40.4	-2.6	-6 %		57	-10.9	-19 %
5	SBS	2S	1980	44.8	39.2	32.6	12.2	37 %		54	-14.8	-27 %
6	SBS	2S	1987	49.9	39.3	55.4	-5.5	-10 %		53	-13.7	-26 %
7	SBS	2S	1988	47.1	42.7	51.1	-4.0	-8 %		61	-18.3	-30 %
8	SBS	2S	1986	49.4	41.9	53.7	-4.3	-8 %		54	-12.1	-22 %
9	Poistunut											
10	SBS	2S	1981	43.8	30.6	46.2	-2.4	-5 %		45	-14.4	-32 %
11	Poistunut											
12	SBS	2S	1983	41.5	45.6	49.2	-7.7	-16 %		45	0.6	1 %
13	Poistunut											
14	Poistunut											
15	SBS	L + 2S	1982	43.1	31.0	49.2	-6.1	-12 %		48	-17.0	-35 %
16	SBS	S + L	1985	23.4	20.7	25.1	-1.7	-7 %		45	-24.3	-54 %
17	Poistunut											
18	APP	2S	1985	52.5	31.2	54.2	-1.7	-3 %		36	-4.8	-13 %
19	APP	2S	1985	49.8	29.2	52.6	-2.8	-5 %		41	-11.8	-29 %
20	APP	2S	1985	48.0	31.8	44.3	3.7	8 %		40	-8.2	-21 %
21	APP	S + Lr	1989	20.4	2.2	28.3	-7.9	-28 %		8	-5.8	-73 %
22	Poistunut											
23	Poistunut											
24	Poistunut											
25	Poistunut											
26	SBS	L + S	1991	34.0	3.0							
27	Poistunut											
28	SBS	S	1996	24.7	4.7							
29	SBS	2S	1996	41.7	21.3							
30	SBS	S + L	1996	35.1	3.8							
31	SBS	2S	1997	40.2	32							
32	SBS	S + Lr	1989	28.3	40.8							
33	SBS	L + S	1997	26.7	3.1							
34	SBS	2S	1998	54.3	33.7							
35	PVC	Sv	1984	46.8	25.0							
36	Poistunut											
37	PVC	Sv	1988	30.9	20.7							
38	PVC	Sv	2000	36.8	32.0							
39	Poistunut											
40	PVC	Sv	1991	37.9	28.5							
41	PVC	Sv	1990	29.2	23.4							
42	PVC	Sv	1994	34.7	22.7							
43	PVC	Sv	1988	36.3	29.6							
44	SBS	2S	1994	48.1	37.5							
45	SBS	2S	2002	52.7	40.6							
46	SBS	2S	1991	46.1	38.2							
47	SBS	2S	1997	43.6	27.2							
48	CPE	Sv	1989	54.9	29.3							
49	PVC	Sv	1995	32.1	25.5							
Vertailunäyte, Kumibitumikermi												
	SBS	2S	2014	48.2	20.6							
Vertailunäyte, PVC-kermi												
	PVC	Sv	2014	38.8	31.6							
Vertailunäyte, CPE-kermi												
	CPE	Sv	2014	39.5	26.0							

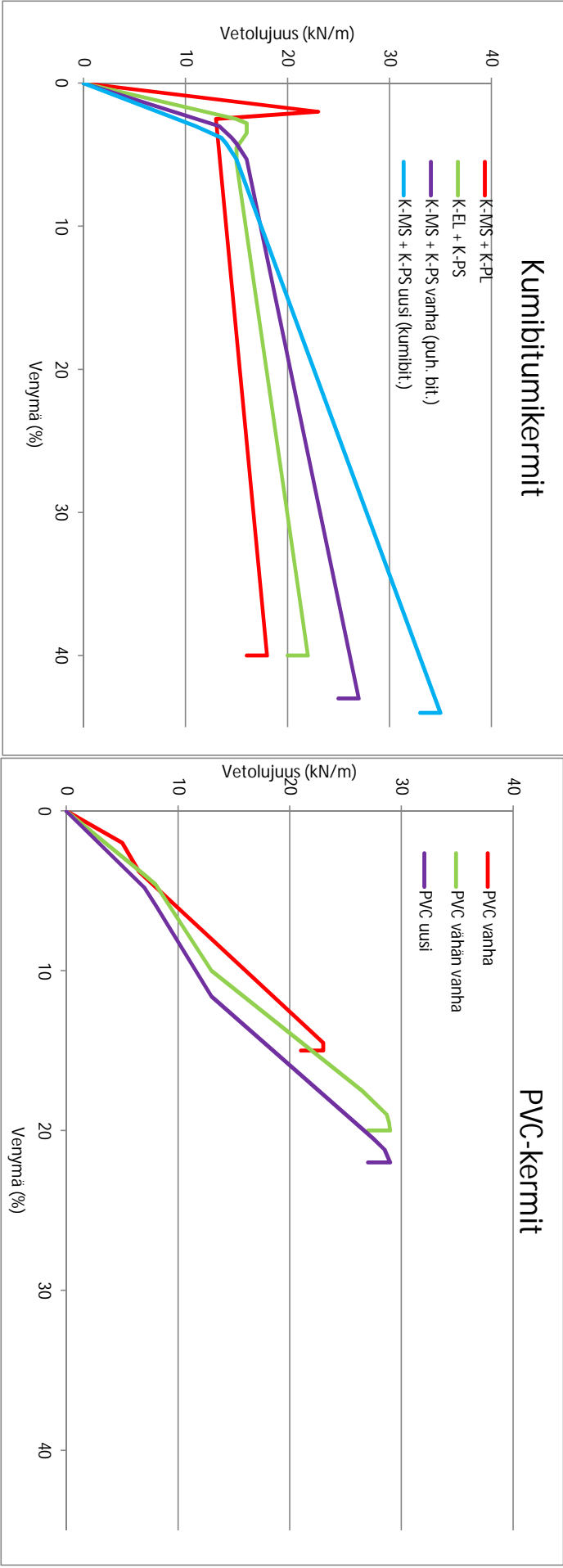
Nro	Mat.	Tukik.	Vuosi	TULOS		VERTAILU						
				Vetolujuus (kN/m)	Venymä (%)	KIRJALLISUUS						
						Vetolujuus (kN/m)			Erotus	Venymä (%)		
1	SBS	2S	1980	34.7	34.9	20.0	14.7	74 %			30	4.9
2	SBS	2S	1986	44.6	36.9	20.0	24.6	123 %		30	6.9	23 %
3	SBS	2S	1982	34.2	21.4	20.0	14.2	71 %		30	-8.6	-29 %
4	SBS	2S	1981	37.8	46.1	20.0	17.8	89 %		30	16.1	54 %
5	SBS	2S	1980	44.8	39.2	20.0	24.8	124 %		30	9.2	31 %
6	SBS	2S	1987	49.9	39.3	20.0	29.9	150 %		30	9.3	31 %
7	SBS	2S	1988	47.1	42.7	20.0	27.1	136 %		30.0	12.7	42 %
8	SBS	2S	1986	49.4	41.9	20.0	29.4	147 %		30	11.9	40 %
9	Poistunut											
10	SBS	2S	1981	43.8	30.6	20.0	23.8	119 %		30	0.6	2 %
11	Poistunut											
12	SBS	2S	1983	41.5	45.6	20.0	21.5	108 %		30	15.6	52 %
13	Poistunut											
14	Poistunut											
15	SBS	L + 2S	1982	43.1	31.0	25.0	18.1	72 %		30	1.0	3 %
16	SBS	S + L	1985	23.4	20.7	15.0	8.4	56 %		30	-9.3	-31 %
17	Poistunut											
18	APP	2S	1985	52.5	31.2	20.0	32.5	163 %		30.0	1.2	4 %
19	APP	2S	1985	49.8	29.2	20.0	29.8	149 %		30	-0.8	-3 %
20	APP	2S	1985	48.0	31.8	20.0	28.0	140 %		30	1.8	6 %
21	APP	S + Lr	1989	20.4	2.2	15.0	5.4	36 %		15.0	-12.8	-85 %
22	Poistunut											
23	Poistunut											
24	Poistunut											
25	Poistunut											
26	SBS	L + S	1991	34.0	3.0	15.0	19.0	127 %		2	1.0	50 %
27	Poistunut											
28	SBS	S	1996	24.7	4.7	15.0	9.7	65 %		15	-10.3	-69 %
29	SBS	2S	1996	41.7	21.3	20.0	21.7	109 %		30	-8.7	-29 %
30	SBS	S + L	1996	35.1	3.8	15.0	20.1	134 %		30	-26.2	-87 %
31	SBS	2S	1997	40.2	32	20.0	20.2	101 %		30	2.0	7 %
32	SBS	S + Lr	1989	28.3	40.8	15.0	13.3	89 %		15	25.8	172 %
33	SBS	L + S	1997	26.7	3.1	15.0	11.7	78 %		2	1.1	55 %
34	SBS	2S	1998	54.3	33.7	20.0	34.3	172 %		30	3.7	12 %
35	PVC	Sv	1984	46.8	25.0	22.0	24.8	113 %		15	10.0	67 %
36	Poistunut											
37	PVC	Sv	1988	30.9	20.7	22.0	8.9	40 %		15	5.7	38 %
38	PVC	Sv	2000	36.8	32.0	22.0	14.8	67 %		15	17.0	113 %
39	Poistunut											
40	PVC	Sv	1991	37.9	28.5	22.0	15.9	72 %		15	13.5	90 %
41	PVC	Sv	1990	29.2	23.4	22.0	7.2	33 %		15	8.4	56 %
42	PVC	Sv	1994	34.7	22.7	22.0	12.7	58 %		15	7.7	51 %
43	PVC	Sv	1988	36.3	29.6							
44	SBS	2S	1994	48.1	37.5							
45	SBS	2S	2002	52.7	40.6							
46	SBS	2S	1991	46.1	38.2							
47	SBS	2S	1997	43.6	27.2							
48	CPE	Sv	1989	54.9	29.3							
49	PVC	Sv	1995	32.1	25.5							
Vertailunäyte, Kumibitumikermi												
	SBS	2S	2014	48.2	20.6	20.0	28.2	141 %		30	-9.4	-31 %
Vertailunäyte, PVC-kermi												
	PVC	Sv	2014	38.8	31.6	22	16.8	76 %		15	16.6	111 %
Vertailunäyte, CPE-kermi												
	CPE	Sv	2014	39.5	26.0					10	16.0	160 %

	Tutkimus- menetelmä	Vaatimus	Yksikkö	Tuoteluokka		
				TL 1 <sup>1)</sup>	TL 2	TL 3 <sup>9)</sup>
Vetolujuus, 23 °C; pit. s. / poikkis.	EN 12311-1	min	N/50 mm	800/600	600/400	400/300
Venymä, 23 °C; pit. s. / poikkis.	EN 12311-1	min	%	15	25	20
Naulanvarren repäisylujuus; pit. s. / poikkis	EN 12310-1	min	N	300	150	130
Puhkaisulujuus <sup>6)</sup> dynaaminen (isku), 23 °C	EN 12691 B	min	mm	1000		
Sauman vetolujuus <sup>6)</sup>	EN 12317-1	min	N/50 mm	600		
Vesitiiveys <sup>7)</sup>	EN 1928 B	min	kPa	500	300	200
Siroteen kiinnipysyvyys <sup>8)</sup>	EN 12039	max	%	30	30	
Dimensiostabiiletti (pit. s.)	EN 1107	max/ min	%	±0,3	±0,6	±0,6
Lämmönkestävyys	EN 1110	min	°C	80	80	80
Taivutettavuus	EN 1109	max/max				
liimattava kermi, pinta ja pohja			°C / ø mm	-25/30	-25/30	-20/30
hitsattava kermi, pinta			°C / ø mm	-20/30	-20/30	-10/30
hitsattava kermi, pohja			°C / ø mm	-0/30	-0/30	+0/30
Pitkäaikaiskestävyys <sup>4) 8)</sup>	EN 1296	-				
lämmönkestävyys (vanhennuksen jälk.)	(EN 1110)	min	°C	80	80	80
taivutettavuus (vanhennuksen jälk.)	(EN 1109)	max/max	°C / ø mm			
liimattava kermi, pinta ja pohja				-15/30	-15/30	-10/30
hitsattava kermi, pinta				-10/30	-10/30	-10/30
hitsattava kermi, pohja				-0/30	-0/30	+0/30
Nimellispaino <sup>2) 5)</sup>	EN 1849-1	nimell.				
liimattava pintakermi			g/m <sup>2</sup>	4500	4000	---- <sup>9)</sup>
hitsattava pintakermi			g/m <sup>2</sup>	5500	5000	---- <sup>9)</sup>
liimattava aluskermi			g/m <sup>2</sup>	3500	3000	2200
hitsattava aluskermi			g/m <sup>2</sup>	4500	4000	3200
Mitat	EN 1848-1					
pituus ja leveys <sup>3)</sup>		ilm.	mm	ilm.	ilm.	ilm.
suoruus		max	mm / 10m	20	20	20

- 1) TL 1 –luokan kermejä käytetään yleensä yksikermikatteena, jonka vuoksi niillä on muita tuoteluokkia suurempi lujuus- ja stabiileittivaatimus. TL 1 –luokan tuotteita voidaan käyttää myös osana kaksi- tai kolmikermikatetta (VE80 tai VE80R).
- 2) Nimellispainon minimivaatimuksella varmistetaan kermien työstettävyys ja vesitiiveys. Arvoista voidaan poiketa, mikäli ennakkokokein, työnäyttein tai muilla hyväksyttävillä menettelytavoilla osoitetaan tuotteen työstettävyys ja vesitiiveys. Muut tuoteluokkavaatimukset ovat tällöinkin voimassa.
- 3) Tuotteen valmistaja/toimittaja ilmoittaa tuotteen mitat.
- 4) Tuote vanhennetaan +70 °C uunissa 12 viikkoa, jonka jälkeen tuotteen ominaisuudet määritetään.
- 5) Tuotteen valmistaja/toimittaja ilmoittaa tuotteen nimellispainon (MDV). Sallitaan enintään -5%:n poikkeama (toleranssi) ilmoitetusta arvosta.
- 6) Koskee ainoastaan yksikermikatteita.
- 7) Määrittäminen tehdään yhden tunnin kokeena menetelmästä poiketen.
- 8) Koskee ainoastaan pintakermejä.
- 9) Käytetään vain aluskerminä.

# Liite 5: Eri kateratkaisujen vetokokeiden suuntaa-antavat kuvaajat

Kuvaajat ovat vain suuntaa antavia ja kertovat eri katteiden toimintatavoista vetokokeessa. Lukuarvot eivät ole tarkkoja, vaan ne vastaavat karkeasti huoneenlämmössä suoritettun vetokokeen arvoja.



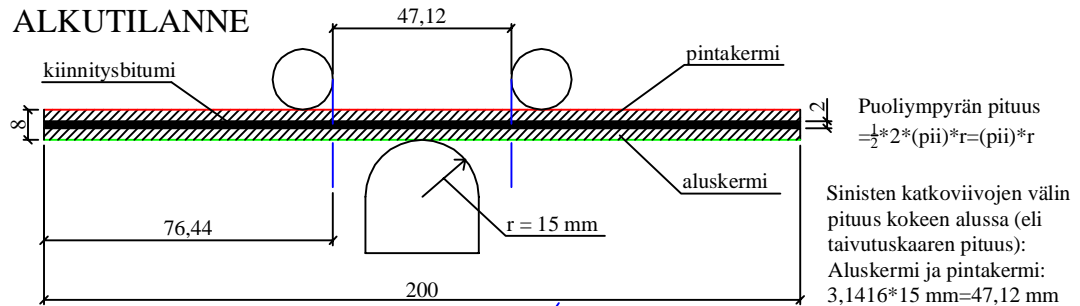
## Liite 6: Venymän muodostuminen taivutuskokeessa [24]

Sivu 1/1

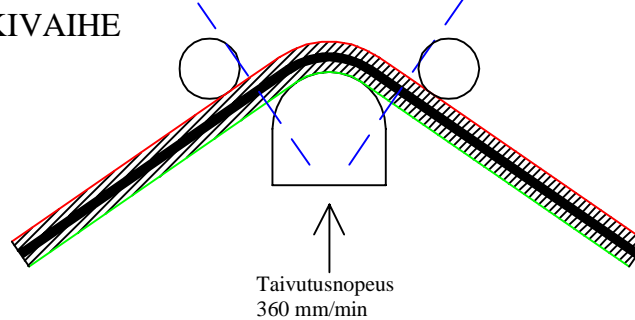
Taivutus, kaksikerroskate (paksuus 8 mm)

Mittakaava 1:2

### ALKUTILANNE

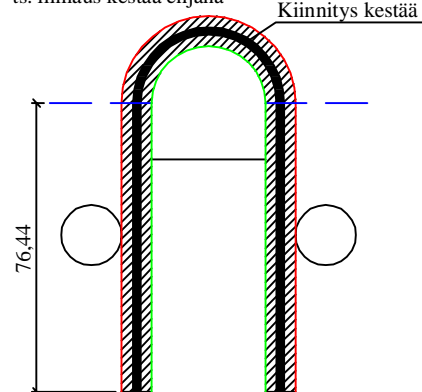


### KESKIVAIHE



### LOPPUTILANNE 1:

Kermit pysyvät kiinni toisissaan, ts. liimaus kestää ehjänä



Punaisen viivan (pintakermin yläpinta) pituus on suurempi kuin vihreän viivan (aluskermin alapinta).

Sinisten katkoviivojen välin pituudet kokeen lopussa:  
 Pintakermi:  $3,1416 * (8 + 15) \text{ mm} = 72,26 \text{ mm}$   
 Aluskermi: 47,12 mm

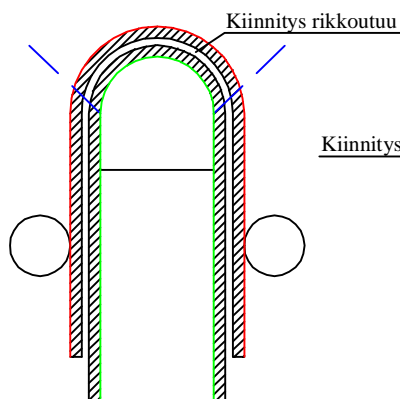
Pintakermin yläpinnan pituuden muutos:  
 $(72,26 - 47,12) \text{ mm} = 25,14 \text{ mm}$   
 Venymä:  
 $100 \% * (25,14 \text{ mm} / 47,12 \text{ mm}) = 53 \%$

#### HUOM!

Ainakin seuraavat seikat pienentävät edellä laskettua venymää:  
 - Kermit ovat lopputilanteessa jonkin verran alhaalta viistossa, ei pystysuorassa kuten piirustuksessa  
 - Aluskermi saattaa puristua kasaan jonkin verran taivutettaessa

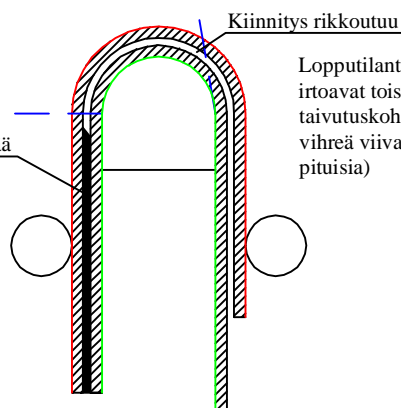
### LOPPUTILANNE 2:

Kermien kiinnitysbitumi rikkoutuu kokonaan



### LOPPUTILANNE 3:

Kermien kiinnitysbitumi rikkoutuu toisesta päästä



Lopputilanteissa 2 ja 3 alus- ja pintakermi irtoavat toisistaan, jolloin venymää taivutuskohtaan ei muodostu (punainen ja vihreä viiva ovat kuvissa suunnilleen saman pituisia)

Lopputilanne 1 on tyypillinen katteille, joiden kermit on hitsattu kiinni kumibitumilla.

Lopputilanteet 2 ja 3 ovat tyypillisiä katteille, joiden kermit on liimattu kiinni puhalletulla bitumilla.



## Liite 7: Venymän keskittyminen kylmävetokokeessa [24]

Sivu 1/1

Kylmävetokoe: kaksikerroksinen kumibitumikate  
Lasikuitutukikerroksellinen pintakermi K-PL  
Polyesteritukikerroksellinen aluskermi K-MS

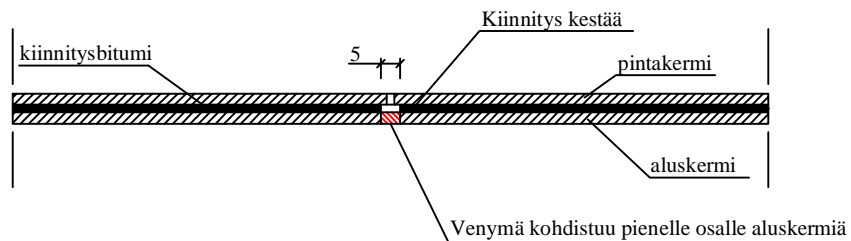
Mittakaava 1:2

Molemmissa alla olevissa tapauksissa pintakermi K-PL on mennyt poikki (noin 2-3 % venymällä)

Venymä kohdistuu aluskermin kohtaan, jonka osalta kermi ovat irronneet toisistaan. Muulta osalta kiinnipysyvä pintakermi vahvistaa ehjää aluskermiä.

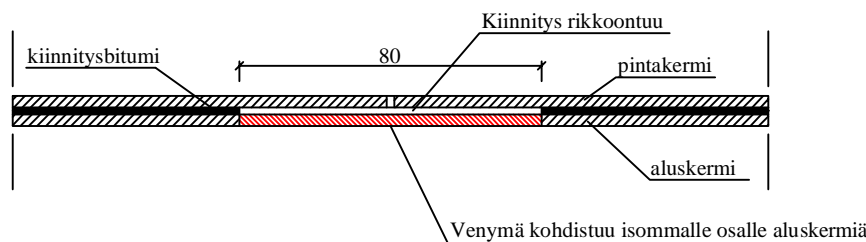
### TAPAUS 1:

Liimaus kestää ja kermi pysyvät kiinni toisissaan muulta osalta kuin katkenneen pintakermin kohdasta. Venymä kohdistuu pieneen osaan aluskermiä, jolloin koekappale menee poikki pienellä kokonaisvenymällä.



### TAPAUS 2:

Liimaus rikkoutuu ja kermi irtoavat toisistaan jonkin verran (esim. kuvassa 80 mm) pintakermin katkeamisen yhteydessä. Venymä kohdistuu suuremmalle osalle aluskermiä ja kokonaisvenymä kasvaa tapaukseen 1 verrattuna.



Karkeasti voidaan jaotella katteiden toimintatavat kylmävetokokeessa seuraavasti:

Tapaus 1 on kumibitumilla hitsattujen katteiden toimintatapa

Tapaus 2 on puhalletulla bitumilla liimattujen katteiden toimintatapa

Mitä enemmän kermien kiinnitys rikkoutuu, sitä suuremmaksi venymä kasvaa.

Puhalletulla bitumilla liimattujen katteiden kiinnitys rikkoutui käytännössä kokonaan.